ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 DÉCEMBRE 1919.

PRÉSIDENCE DE M. LÉON GUIGNARD.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Louis Lumière** pour occuper une des places de la Division des Applications de la Science à l'Industrie.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Louis Lumière** prend place parmi ses Confrères.

ASTRONOMIE. — *Les travaux de Lalande et de ses élèves au Collége Mazarin.* Note (¹) de M. G. **Bigourdan.**

Les élèves que Lalande fit observer au Collége Mazarin furent Tabary (²) et surtout Dagelet (³).

(¹) Séance du 7 juillet 1919.

(²) Jacques-Michel Tabary, dit Mersais (Paris, 1751 — † parages de Madagascar, 1774 mars 31) travailla quelque temps (1767 mars 26-mai 25) à l'Observatoire du Collége Mazarin, puis à celui de la Marine pour remplacer un instant Messier. Il abandonna bientôt l'Astronomie pour la Chirurgie, puis revint à la première et calcula chez Darquier à Toulouse, chez Vandermonde à Paris. En 1768, il reparaît quelquefois à l'Observatoire du Collége Mazarin, puis prend part au voyage de la *Flore* pour l'essai des montres marines (1771-1772); enfin, en même temps que Dagelet, il s'embarque avec Kerguélen pour un voyage aux terres australes, en mars 1773; c'est alors qu'il prend le nom de Mersais. Dans un accès de fièvre chaude, il se jette à la mer le 16 février 1774, alors qu'on se trouvait dans les parages de Madagascar. Voir son *Éloge* par un anonyme (Dagelet) dans J_3 Bernoulli, *N. litt.*, I, p. 35-40).

(³) Joseph Lepaute Dagelet (Thonne-la-Long, près de Montmédy, 1751 no-

Les observations de Tabary se trouvent, en original à ce qu'il semble, dans un petit registre C.5, 2, dont voici le titre : *Journal d'observations astronomiques, faites au Collége Mazarin à Paris dans l'Observatoire de M. Mary et avec les instrumens de M. De la Lande, chez qui je demeure depuis près d'un an. — Commencé le* 26 *mars* 1767.

Un peu plus loin (p. 3), il donne quelques déviations de la lunette méridienne, déterminées par Lalande entre 1766 mars 18 et 1767 mars 11; mais nous n'avons pas le registre des observations qui ont permis de déterminer cette déviation : il devait précéder immédiatement le registre C. 5, 3, ci-après.

Ensuite viennent (p. 9-30) les observations faites par Tabary (1767 mars 26 — juin 5) qui sont des hauteurs et des passages méridiens de ☉, ☾, pl., belles ⋆, des hauteurs correspondantes, enfin quelques observations de belles taches solaires : le tout paraît inédit, et d'ailleurs peu important.

Tabary fit ensuite à l'Observatoire de Cluny, pendant une absence de Messier (1767), quelques observations que nous n'avons pas; puis il fut remplacé par Dagelet au Collége Mazarin, où il reparaît cependant jusqu'au 11 juillet 1768.

Pour la période 1768 avril 1 — 1770 juin 22, nous avons, dans le registre C.5, 3, le journal *original* et *commun* où chacun paraît avoir écrit à mesure ses observations; et quoique celles-ci ne soient pas signées, par les changements d'écriture (1) il nous permet de pénétrer un peu la vie intime de l'observatoire dans cette période : il était fréquenté surtout par Marie et par Dagelet qui s'adonnaient au même genre d'observations que Tabary; toutefois Marie faisait plus d'observations physiques (aurores boréales, halos, etc.) pour lesquelles il paraît avoir eu un goût prononcé. Quant à Lalande, ses observations sont très rares, mais il a souvent ajouté des remarques com-

---

vembre 25 — † vers Vanikoro, 1787), neveu des célèbres horlogers Lepaute. Lalande, lié avec ses oncles, l'appela auprès de lui à Paris où il arriva le 25 février 1768. Il fut immédiatement initié aux observations par Tabary, au Collége Mazarin, et d'après Lalande, il pouvait déjà observer utilement 4 mois après; mais lui-même fait remonter au 6 mars 1768 le commencement de ses bonnes observations; toutefois il n'a commencé, dit-il, (C.5, 3, p. 353) d'observer, assez régulièrement que le 11 juillet 1768. Il travailla aussi dans les observatoires de la place du Palais-Royal et du Collége Royal, — accompagna Kerguélen (1773-1774) dans l'intervalle, — devint professeur à l'École militaire (1777) où il disposa de l'Observatoire, — fut élu à l'Académie des Sciences (1785 janvier 15), — s'embarqua avec La Pérouse (1785 juin 23) et sans doute mourut avec lui (1787).

(1) Une Note signée de Dagelet avertit que parfois ses observations ont été écrites par l'abbé Marie.

plémentaires, indiquant un contrôle actif. Enfin on rencontre quelques observateurs accidentels, comme Wallot (1768 avril 2), Rommé (1768 mai 11), Fany ? (1770 mars 6).

Une note terminale prouve que l'on continua de tenir ce journal commun, mais nous ne possédons pas les registres suivants. Ce qui nous reste se borne à des *copies* des observations faites par Dagelet (registres C.5, 4 et C.5, 20) et où l'on ajoute incidemment un résumé de ce qui a été fait par les autres observateurs.

Le registre C.5, 20, renferme uniquement des observations faites au Collége Mazarin (1775 février 14 — 1778 mai 3); mais C.5, 4, renferme des observations faites dans trois Observatoires différents, dépendant tous de Lalande. Comme nous aurons à mentionner souvent ce registre qui, d'ailleurs, présente des répétitions et des interversions, nous en donnons le contenu avec quelque détail dans le Tableau ci-après.

Pour le Collége Mazarin, ce registre-copie C. 5, 4, a une partie commune avec le registre original C.5, 3; de leur comparaison, il résulte que dans cette copie Dagelet a laissé de côté, même pour ses propres observations, non seulement les hauteurs correspondantes, mais bien des remarques permettant d'apprécier la valeur des observations; parfois, dans les passages, il n'a relevé qu'un fil sur deux ou trois; même il a négligé entièrement des étoiles; par contre, il ajoute des remarques complémentaires.

Registre C.5, 4. — Observations de Dagelet [Copie[1]] (1768 mai 16-1777 mars 26).

Observatoire du *Collége Mazarin.*	Pages	Observatoire de la place du *Palais Royal.*	Pages	Observatoire du *Collége Royal.*	Pages
68 mai 6-70 juin 22.	62-134*				
70 juin 23-71 oct. 25.	135-146				
		71 avril 10-72 juin 5.	186-199		
72 juin 10-72 août 31.	147-153	72 juin 10-72 août 31.	200-213		
		72 sept. 4-73 fév. 16.	213-226[2]		
		74 déc. 13-75 mai 7.	229-250		
75 fév. 14-75 août 23.	158-164				
				75 oct. 19-75 déc. 20.	252-261
75 déc. 16-76 avril 7.	164-169			76 janv. 19-76 avril 6.	22- 33*
				76 avril 14-77 mars 26.	33- 49*

(1) Les astérisques marquent les parties de ce registre-copie dont nous avons ailleur, l'original.

Pour diminuer le Tableau en largeur on a supprimé les deux premiers chiffres des années; ainsi 68 *mai* est pour 1768 *mai*.

(2) 1773 mars 25 à 1774 septembre 7 : Voyages des Terres australes avec Kerguélen.

L'abbé Marie travaillait encore dans cet Observatoire en 1774; mais le conserva-t-il quand il devint précepteur, en 1782? Nous avons mentionné de lui une observation (pass. ☿) de cette année; mais Lalande, qui l'a citée, n'indique point où elle a été faite. Du moins Marie n'en disposait plus en 1789, car Lalande (*Bibliogr.*, p. 685) écrit à cette date que Bruget, grand-maître du collége, et Chauvet, professeur de mathématiques, ont bien voulu le lui conserver.

Legendre [1] et Prévost [2] observèrent aussi au Collége Mazarin, mais nous ne connaissons leurs observations que par la copie C. 5,4, qui indique leur présence en 1772-1774, ne donnant que « *celles qui peuvent être de quelque utilité* » ; et, sans distinguer, on dit que la plupart sont de l'abbé Marie.

Après les observations de Dagelet, déjà mentionnées, de C.2,20 (1775 février 14 — 1778 mars 3) nous n'en trouvons plus qui aient été faites au Collége Mazarin, sauf celles indiquées par Lalande comme obtenues en 1790 pour déterminer l'obliquité de l'écliptique.

Cependant l'observatoire continua d'exister encore; même il fut un de ceux dont la conservation fut décidée lors de la fondation du Bureau des Longitudes; et un décret du 17 germinal an IV (1796 avril 6) décide qu'on y fera le cours d'astronomie que doit professer un des membres de ce Bureau; mais Delambre nous dit qu'en 1806 cet observatoire fut détruit, sans prévenir les astronomes intéressés, par l'architecte chargé d'aménager le Collége pour recevoir l'Institut : il avait duré un plus de 60 ans, mais sa vie active ne fut guère que de 20 années, celles pendant lesquelles il fut occupé par La Caille.

Bâtiments. — On ne mentionne pas de changement fait à l'observatoire

---

(1) *Adrien-Marie* LEGENDRE (Toulouse, 1752 — † Paris, 1833 janvier 10) termina ses études au Collége Mazarin. Distingué par l'abbé Marie, son professeur, celui-ci l'encouragea et inséra dans son *Traité de Mécanique* (1774) des fragments remarquables, premières productions de Legendre, qui d'ailleurs ne voulut pas être nommé; mais le maître fit connaître de vive voix la coopération. Peu après, il devint professeur de Mathématiques à l'École militaire, — remporta en 1782 un prix de l'Académie de Berlin sur un problème balistique, devint membre de l'Académie des Sciences en 1783, — prit part à la jonction des Observatoires de Paris et de Greenwich en 1787, — fut nommé membre du Bureau des Longitudes, — publia en 1794 la première édition de ses *Éléments de Géométrie*, etc. Dans la suite, par ses travaux sur les fonctions elliptiques, sur la théorie des nombres, etc., il fut, à côté de Laplace et de Lagrange, un des plus grands mathématiciens de l'Europe.

(2) Nous ne trouvons aucun renseignement biographique sur ce *Prévost*.

même; cependant on distingue le « petit observatoire » et « l'observatoire du bas »

Instruments. — On paraît y avoir laissé les principaux de ceux qui s'y trouvaient à la mort de La Caille; on trouve mentionnés notamment le sextant (9) et la lunette méridienne (12); il y avait deux quarts de cercle, car parfois on signale des hauteurs correspondantes prises par deux observateurs séparément (1769 avril 25). L'un était celui qui venait de Bouguer (2). Comme on a vu, J_3 Bernouilli en 1769 y signale deux pendules de Lepaute; et les registres parlent d'une autre de Boucher que l'on établit parfois « sur les plombs », sur la terrasse. On emploie une lunette de Proa construite par Dollond et une lunette parallactique.

Observations. — Ce qui reste principalement des observations faites après La Caille, ce sont celles de planètes de Dagelet, et dont certaines sont déterminées par les hauteurs correspondantes. Les seules publiées paraissent être celles de Vénus que Lalande a données dans le Tome IV de son *Astronomie*, p. 626-628; elles vont de 1775 avril 26 à 1777 novembre 28.

Élèves. — A ceux que nous avons cités il faut ajouter *Nicolic* et *Bailly* qui fréquentaient l'observatoire du temps de La Caille. Le 19 janvier 1776, l'abbé *Briquet* observa au Collége Mazarin, « à la lunette parallactique » l'émersion du deuxième satellite de Jupiter.

SPECTROSCOPIE. — *Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes.* Note de M. H. **Deslandres**.

La Note actuelle complète une Note précédente du 3 novembre dernier et aussi trois Notes antérieures des 5 mai, 26 juin et 6 octobre 1919. Toutes sont publiées sous le même titre.

I. Les vibrations simples ou raies, très nombreuses, d'un même spectre de bandes, ont été rattachées à trois progressions arithmétiques distinctes et donc à trois séries indépendantes de nombres entiers successifs m, n et p. Le spectre entier a pu être ainsi représenté en fréquences ν par la formule générale suivante :

$$(6)\quad \nu = [F(np)\times m^2 + f_1(np)\times m] + \left[\frac{B}{2}\times n^2 + b_1 n\right] - \left[\frac{C}{2}\times p^2 + c_1 p\right] + K,$$

dont les coefficients numériques ont été calculés et publiés pour plusieurs spectres connus.

Parmi les coefficients de la formule, les uns, qui sont les coefficients $F(np)$, B et C des termes du deuxième degré, sont les raisons des trois progressions et sont immuables; ils sont les mêmes avec toutes les formules numériques du spectre. Les autres, $f_1(np)$, b_1, c_1 et la constante K varient avec le choix de la raie o ou raie origine des nombres d'ordre positifs et négatifs dans les trois progressions m, n et p; et cette raie origine, dont la fréquence est justement le nombre K, peut être une raie quelconque du spectre ou même une raie fictive obtenue en prolongeant les trois progressions dans les deux sens. Les valeurs possibles de K_1, $f_1(np)$, b_1 et c_1 sont ainsi en nombre infini, et, au point de vue purement numérique, elles sont équivalentes; mais, pour celui qui veut interpréter le phénomène et étudier l'atome, un seul groupe de ces valeurs et une seule valeur de K sont à retenir; il convient de les rechercher.

Le coefficient B du terme en n^2, comme je l'ai annoncé en mai dernier, est toujours positif, et le coefficient C du terme est p^2 toujours négatif. Les termes correspondants en n^2 et p^2 ont donc toujours le même signe. Or cette propriété se retrouve dans les spectres de lignes et dans les formules de Balmer, et elle a conduit à une explication des séries de Balmer par la théorie des quanta; elle pourrait expliquer de même, au moins en partie, les séries des spectres de bandes. Mais les spectres de lignes et de bandes sont très différents, et, *a priori*, il ne semble pas naturel de leur attribuer la même origine.

J'ai assimilé le spectre de bandes au mouvement vibratoire le plus général d'un corps solide; et cette explication, qui est simple, est restée jusqu'à présent acceptable; elle peut être maintenue au moins provisoirement.

Dans cet ordre d'idées, le spectre est la somme algébrique de vibrations qui sont réunies comme les composantes d'un son résultant (1) et sont représentées par les différents termes de la formule (6). Une seule valeur de la fréquence K apparaît ainsi comme possible.

II. J'ai fait plusieurs recherches pour reconnaître la meilleure valeur de K, et, finalement, j'ai placé la raie origine des numéros d'ordre, dont la fréquence est égale à K, dans la bande la plus intense du spectre, et,

(1) Il faudra expliquer pourquoi certains termes de la formule (6) sont toujours positifs ou toujours négatifs.

pour commencer, à l'arête même de cette bande. On peut ainsi comparer immédiatement le spectre de bandes lumineux ou ultraviolet aux bandes infra-rouges, beaucoup plus concentrées et non résolues, qui sont représentées par la fréquence de leur partie la plus intense.

Les nombres K des divers spectres de l'azote, ainsi rapprochés, ont montré la propriété suivante, annoncée dans la Note du 6 novembre : Les fréquences des bandes maxima sont à peu près les multiples d'une même fréquence infra-rouge; $K = d_1 q$, q étant un nombre entier et d_1 une constante égale à 1062,5. Les spectres du carbone et de l'oxygène offrent la même loi, et la fréquence élémentaire d_1 est la même pour les trois corps simples. Ce résultat, fort intéressant, doit être vérifié et étendu de toutes les manières.

Or, depuis la dernière Note de novembre, j'ai eu connaissance de deux Mémoires publiés par la *Physical Review*, qui se rapportent aux spectres précédents, et qui m'avaient échappé.

Le premier Mémoire (vol. 22, 1906, p. 1), dû à Coblentz, donne le spectre d'émission de l'azote dans l'infra-rouge, ou plus exactement le prolongement infra-rouge du premier groupe de bandes de l'azote. Le second Mémoire (vol. 45, 1910, p. 315), dû à T. Lyman, annonce un prolongement notable du quatrième groupe de bandes du carbone dans l'ultraviolet extrême, dit ultraviolet Shuman, et présente les mesures des bandes principales. Ces données nouvelles me conduisent à compléter ou rectifier les tableaux de l'azote et du carbone précédemment publiés, et, finalement, la loi posée est vérifiée avec une netteté plus grande.

De nombreux auteurs, comme on sait, ont comparé déjà les spectres de bandes et recherché des relations entre leur maxima d'absorption ou d'émission, d'absorption principalement. Mais l'étude a porté, en général, sur les composés organiques, le plus souvent très complexes, et l'interprétation des résultats est difficile. De mon côté, j'ai rapproché les beaux spectres d'émission des gaz communs, qui ont été jusqu'ici négligés à ce point de vue et sont pourtant indiqués pour cette étude ; car ils sont rapportés la plupart à des corps simples; de plus, ils sont mesurés avec une grande précision et, de tous les spectres de bandes, ils sont assurément les mieux connus.

Avec l'azote, étudié tout d'abord, j'ai admis pour la comparaison seulement les spectres d'émission, de phosphorescence et d'absorption dus au gaz pur et à ses composés les plus simples, le gaz ammoniac et le cyanogène. L'addition des atomes d'hydrogène dans le gaz ammoniac change à

peine le poids atomique; et, *a priori*, il est probable que l'atome d'azote y conserve la prépondérance. De plus, les spectres d'absorption ont été examinés les premiers; car ils sont obtenus avec la contrainte minima imposée à l'atome et à la molécule, et ils représentent leurs vibrations les plus faciles. L'azote pur ne donne pas de spectre d'absorption, au moins sous la faible épaisseur de 6^{cm} (à la pression atmosphérique) des essais de Coblentz; mais, dans les mêmes conditions, le gaz ammoniac offre un beau spectre de bandes infra-rouge; et, dans ce spectre, j'ai retenu la large bande d'absorption $\lambda\ 9^{\mu},3$ ν 1075, qui a été comparée aux bandes maxima des autres spectres de l'azote. La fréquence de cette bande est très voisine de la fréquence $d_1 = 1062,5$, adoptée provisoirement comme fréquence élémentaire.

La recherche de la bande maxima pour un spectre donné est parfois malaisée : les auteurs donnent les fortes bandes et non la bande la plus forte, et il y a doute lorsque l'œil ou la plaque photographique n'ont pas la même sensibilité pour toutes les parties du spectre. Cette difficulté apparaît clairement avec le premier groupe de l'azote, qui a un prolongement infra-rouge. Estimant d'abord que ce prolongement était relativement faible, j'ai placé la bande maxima dans le rouge à ν 17224, d'après le beau Mémoire de Birge sur la partie lumineuse du spectre publié en 1913. Mais les mesures antérieures de Coblentz, faites sur le spectre entier avec le même radiomètre, placent avec certitude la bande maxima dans l'infra-rouge à la fréquence ν 9430, presque égale à 9 fois la fréquence élémentaire d_1. On distingue aussi plusieurs maxima secondaires; le plus notable a une fréquence voisine de $14d_1$, et l'un d'eux coïncide avec le maximum admis précédemment.

Les fréquences des bandes maxima ont été un peu augmentées avec les deuxième et troisième groupes de l'azote; les bandes ont plusieurs séries arithmétiques et plusieurs arêtes, et l'on a adopté non l'arête extérieure, mais l'arête la plus intense. De plus, on a ajouté le spectre d'émission de l'ammoniaque, dont la bande maxima (à $\nu = 28\ d_1$), est très voisine de celle du deuxième groupe de l'azote. Ces deux spectres, à beaucoup d'égards très différents, ont au moins ce point commun. Tous ces faits sont résumés dans le Tableau ci-dessous.

A la suite on a placé la liste du carbone formée par les spectres du gaz méthane CH^4, de l'acétylène C^2H^2 et de l'oxyde de carbone CO. Le quatrième groupe du carbone, comme on l'a annoncé plus haut, est plus étendu qu'on ne l'avait supposé d'abord; il offre dans l'ultraviolet ordinaire

42 bandes et Lyman en a ajouté 100 autres, situées dans l'ultraviolet Shuman. Les intensités croissantes sont exprimées par les nombres de 1 à 10; l'auteur n'indique pas la bande qui, de toutes, est la plus forte, mais il note cinq bandes avec l'intensité 10. Or les fréquences de ces bandes sont très voisines de multiples de d_1 ou $\frac{d_1}{2}$; et la même relation se retrouve avec la bande unique d'intensité 9, avec six des huit bandes d'intensité 8 et quatre des cinq bandes d'intensité 7. La loi s'applique non à une seule bande du spectre, mais à presque toutes les bandes intenses. Le même fait s'était déjà manifesté avec le premier groupe de l'azote. Dans le Tableau, on a retenu seulement les bandes d'intensité 10, qui correspondent à 50 et 52 d_1.

FRÉQUENCES DES BANDES D'INTENSITÉ MAXIMA, COMPARÉES AUX MULTIPLES DE LA FRÉQUENCE ÉLÉMENTAIRE $d_1 = 1062,5$.

Azote.

nde infra-rouge.......	$1075 = d_1 + 12,5$	Abs. — AzH^3
groupe positif........	$9430 = 9d_1 - 132,5$	Ém. — Az
Id.	$14990 = 14d_1 + 115$	Id.
groupe positif.........	$29666 = 28d_1 - 86$	Id.
groupe positif........	$42320 = 40d_1 - 180$	Id.
oupe négatif..........	$25546 = 24d_1 + 46$	Id.
groupe dit « de CAz ».	$17025 = 16d_1 + 25$	Ém. — CAz ou Az
groupe dit « de CAz ».	$25743 = 24d_1 + 243$	Ém. — Az
groupe phosphorescent	$32940 = 31d_1 - 2,5$	Id.
groupe phosphorescent.	$39192 = 37d_1 - 120,5$	Id.
nmoniaque............	$29755 = 28d_1 + 5$	Ém. — AzH^3
Moyenne des écarts en valeur absolue :	89	

Carbone.

nde infra-rouge.......	$2105 = 2d_1 - 20$	Ém. — CO
Id.	$3021 = 3d_1 - 166,5$	Abs. — CH^4
Id.	$3247 = 3d_1 + 59,5$	Abs. — C^2H^2
Id.	$4250 = 4d_1 + 0$	Abs. — CH^4
groupe positif........	$19355 = 18d_1 + 230$	Ém. — CH^4 et CO
groupe positif........	$19275 = 18d_1 + 150$	Id.
groupe positif........	$31905 = 30d_1 + 30$	Id.
groupe positif........	$53234 = 50d_1 + 109$	Id.
Id.	$55218 = 52d_1 - 32$	Id.
oupe négatif..........	$41380 = 39d_1 - 57$	Id.
Moyenne des écarts en valeur absolue :	80	

Oxygène.

Bande infra-rouge.......	$2125 = 2d_1 + 0$	Abs. — O
Id.	$2125 = 2d_1 + 0$	Abs. — H^2O
Id.	$3268 = 3d_1 + 80,5$	Abs. — O
Id.	$5260 = 5d_1 - 52,5$	Abs. — H^2O
Id.	$8570 = 8d_1 + 70$	Id.
Id.	$10600 = 10d_1 - 25$	Id.
Bande lumineuse........	$15924 = 15d_1 - 13$	Abs. — O^6
Bande de pluie..........	$16890 = 16d_1 - 110$	Abs. — H^2O
Bande lumineuse.......	$17286 = 16d_1 + 286$	Abs. — O liquide
Ozone..................	$16878 = 16d_1 - 122$	Abs. — O^3
Groupe négatif..........	$19029 = 18d_1 - 96$	Ém. — O
Ozone..................	$30893 = 29d_1 - 83$	Abs. — O^3
Id.	$31875 = 30d_1 + 0$	Id.
Moyenne des écarts en valeur absolue :	70	

Bandes infra-rouges.

Bande infra-rouge.......	$1640 = \frac{3}{2}d_1 - 47,5$	Abs. — H^2O
Id.	$1590 = \frac{3}{2}d_1 - 3,5$	Abs. — AzH^3
Id.	$698 = \frac{2}{3}d_1 - 10$	Abs. — H^2O
Id.	$723 = \frac{2}{3}d_1 + 15$	Abs. — C^2H^2
Id.	$1298 = \frac{5}{4}d_1 - 30$	Abs. — CH^4
Id.	$1322 = \frac{5}{4}d_1 - 6$	Abs. — C^2H^2
Id.	$781 = \frac{3}{4}d_1 - 16$	Abs. — AzH^3
Id.	$854 = \frac{4}{5}d_1 + 4$	Abs. — AzH^3
Id.	$861 = \frac{4}{5}d_1 + 11$	Abs. — H^2O

L'abréviation Abs. veut dire absorption, et l'abréviation Ém., émission.

La troisième partie du Tableau est consacrée à l'oxygène, à l'ozone O^3 au polymère O^6 et à l'eau H^2O; elle comprend 14 maxima distincts.

Enfin, dans une quatrième partie, on a réuni neuf bandes fortes infra-rouges [1] qui sont non des multiples de d_1, mais des multiples de $\frac{d_1}{r}$, r étant un nombre entier petit, au plus égal à 5.

Tous les spectres de bandes connus des corps simples et composés énumérés ci-dessus, à part trois exceptions [2], sont compris dans le grand Tableau; et, comme on a marqué à côté de la fréquence de la bande maxima l'écart avec le multiple correspondant de d_1 ou $\frac{d_1}{r}$, on voit à première vue comment la loi est vérifiée. La moyenne des écarts pris en valeur absolue est bien inférieure à la moyenne que l'on aurait si les bandes étaient distribuées au hasard; il faut admettre un lien réel de ces spectres avec une fréquence élémentaire, et le lien est surtout frappant dans la région des petites fréquences. En outre, pour chacun des trois corps simples, les multiples du nombre atomique (6, 7 et 8) se retrouvent comme multiples de d_1 et même sont répétés plusieurs fois [3].

Ces spectres exprimés en fréquences se suivent comme les nombres entiers successifs, et ils ont été rapprochés dès le début des harmoniques d'une verge sonore qui vibre dans le sens longitudinal; même, dans la dernière Note, on a admis que l'atome offrait de semblables vibrations dans le sens de son axe. On comprend alors aisément les petits écarts des fré-

---

(1) Parmi ces bandes, il faut signaler les bandes $\nu 1322$ de C^2H^2 et $\nu 1590$ de AzH^3, qui sont différentes des autres. Au lieu d'avoir un seul maximum, elles offrent deux maxima rapprochés, séparés par une légère dépression; elles sont du type étudié par Eva von Bahr (*Philosophical Magazine*, vol. 28, 1914, p. 71) qui, adoptant les idées de Bjerrum, attribue les deux maxima à la rotation des molécules. J'estime que ces bandes doubles sont simplement des bandes renversées, identiques par l'origine aux raies renversées (doubles ou triples) des spectres de lignes. La fréquence indiquée est celle de la dépression.

(2) On a écarté le groupe Lyman de l'azote, qui est faible, mal connu, et qui paraît dépendre de $\frac{d_1}{2}$. On a écarté aussi les bandes ABα de l'oxygène et le spectre d'émission ultraviolet de la vapeur d'eau, dont les bandes maxima paraissent reliées à un multiple de $\frac{d_1}{3}$.

(3) Le nombre 1062.5, adopté pour la fréquence élémentaire, et le tableau précédent avec ses divisions ne sont pas définitifs. D'autres arrangements semblent possibles, et il faut attendre que la même étude ait été faite sur d'autres corps simples.

quences par rapport aux multiples exacts du son fondamental; ces écarts sont dus à des causes secondaires qui interviennent toujours plus ou moins avec tous les corps sonores. Ainsi Rayleigh a étudié en détails l'influence d'un petit poids ajouté à la verge, influence qui est maxima à un ventre et nulle à un nœud. Les anneaux d'électrons attachés au noyau doivent jouer un rôle analogue, et expliquer, au moins en partie, les perturbations par rapport à la loi arithmétique. D'autres causes déjà étudiées avec les corps ordinaires, sont aussi à invoquer, et la question est arrivée à un point où le concours de la mécanique rationnelle peut être fort utile.

III. D'ailleurs, la formule générale (6) est seulement une première approximation. En la présentant en 1887, j'ai ajouté qu'elle était provisoire, et que la fonction $F(np)$, en particulier, était la dérivée par rapport à m^2 pour $m = o$, d'une fonction de m, n, p, plus générale. Si donc, pour les progressions m ou n ou p, les différences secondes cessent d'être constantes, il faut ajouter des termes de degré supérieur à deux, et autant qu'il est nécessaire. Les écarts de la progression m ont été étudiés récemment par Birge, qui a eu le grand mérite de les rattacher à une loi simple, ce qui est important pour la reconnaissance de l'atome. Les progressions n et p ont un nombre moindre de termes, et j'ai constaté que les écarts par rapport à la progression exacte sont en général faibles; mais parfois ils sont notables surtout avec la progression p, ainsi que dans le deuxième groupe de l'azote. En général, les différences premières croissent un peu moins que dans la progression exacte; autrement dit, les différences secondes sont très légèrement décroissantes, et dans le même sens qu'avec la progression m. Ces perturbations, de même que les précédentes, peuvent être attribuées à des causes secondaires, qui seront étudiées dans une Note ultérieure.

GÉOLOGIE. — *Que les plissements et les charriages qui ont accidenté le bassin houiller du Gard sont, très probablement, des mouvements alpins, d'âge miocène.* Note de MM. **Pierre Termier** et **Georges Friedel**.

Nous avons, dans une Note récente ([1]), exposé les premiers résultats, considérés par nous comme vraiment acquis, de l'étude que nous poursui-

([1]) Pierre Termier et Georges Friedel, *Sur la structure du bassin houiller du Gard* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 752).

vons sur le bassin houiller du Gard. La partie de ce bassin qui est au nord du parallèle de Laval et qui comprend la région Grand'Combe, à l'ouest du promontoire de micaschistes du Rouvergue, et la région Cèze-Auzonnet, à l'est, présente des traces et des témoins d'importants charriages. Exacte dans son ensemble, la conception de Marcel Bertrand à cet égard avait seulement besoin d'être précisée et quelque peu rectifiée. Dans la partie septentrionale en question, il n'y a d'autochtone que l'étage ou faisceau dit de la Grand'Combe (couches Champclauson ou Salce tout en haut; Grand'Baume au milieu; Ricard, Pradel, Feljas, Arcas, Gagnières *maigres*, tout en bas et près des micaschistes); et ce faisceau autochtone est ce qu'il y a de plus jeune dans tout le bassin; sa flore est celle de Saint-Étienne. Sur cet autochtone vient, par charriage, près de la Grand'Combe, le paquet Sainte-Barbe, charrié du Sud-Est et dont la flore est celle de Rive-de-Gier. Dans la région Cèze-Auzonnet, sur le même autochtone, viennent, également du Sud-Est, deux paquets charriés, séparés l'un de l'autre par une surface de charriage : le paquet inférieur est l'écaille de Bessèges; le paquet supérieur, beaucoup plus gros, comprend le stérile de Gagnières et, au-dessus, les faisceaux Gagnières *gras*, Molières et Saint-Jean-de-Valériscle; les deux paquets ont la flore de Rive-de-Gier. La région Laval-Mas-Dieu, très compliquée dans le détail, permet de voir que Sainte-Barbe est le prolongement de la grosse écaille supérieure; et que Bessèges, écaille inférieure, est représentée, au puits du Mas-Dieu, par le faisceau des couches Sans-Nom-de-Laval, Mas-Dieu, etc. Marcel Bertrand avait très bien vu que Sainte-Barbe est charriée et que l'écaille Sainte-Barbe doit comprendre Molières et Saint-Jean; mais il croyait à l'immobilité de Bessèges. Marsaut, qui ne croyait guère aux charriages, nous a fourni, en faveur du double charriage de Bessèges et de Molières, les plus forts arguments. Ajoutons que, si la vérité a tardé à se faire jour, cela tient en grande partie à ce que l'on a donné autrefois le même nom, *Sans-Nom*, tout autour du Rouvergue, à des couches en réalité fort différentes : la liaison de l'une à l'autre, d'abord hypothétique, a passé peu à peu pour certaine, alors qu'elle n'existe pas.

Les écailles houillères, au sud du parallèle de Laval, se cachent sous les morts-terrains. Le Houiller reparaît, plus au Sud, aux environs d'Alais (mines de Rochebelle et du Nord-d'Alais). C'est du Houiller d'âge Rive-de-Gier ou Sainte-Barbe, que l'on n'a, jusqu'ici, aucune raison de considérer comme charrié. Entre lui et les micaschistes, le système à flore de Saint-Étienne, le système Grand'Combe paraît, jusqu'ici, manquer.

D'autre part, nous avons établi [1], avec l'aide très efficace de M. Paul Thiéry, que les terrains secondaires et tertiaires sous lesquels le bassin houiller s'enfonce présentent, eux aussi, une structure en écailles superposées. Sur l'Oligocène de la plaine d'Alais reposent des lambeaux de recouvrement formés de Crétacé inférieur mylonitique. Sous le même Oligocène, la série des terrains du Crétacé inférieur, du Jurassique supérieur et du Jurassique moyen, a une allure lenticulaire; et les calcaires urgoniens y sont, le plus souvent, à l'état de mylonites (Saint-Ambroix) : toute cette série laminée a pour base la surface de charriage, plongeant au Sud-Est d'une trentaine de degrés, que l'on a appelée faille des Cévennes; et elle repose, par cette surface, soit directement sur le Houiller (Rochebelle, Nord-d'Alais), soit sur des terrains secondaires, Lias et Trias, eux-mêmes réduits par le laminage, et découpés en écailles par des failles plates qui sont encore des surfaces de charriage. Nul doute que ces écailles ou nappes superposées ne soient venues de l'Est, ou du Sud-Est, en glissant les unes sur les autres; nul doute que ce phénomène de charriage ou de traînage ne soit la manifestation, jusqu'au bord du Massif Central, de la poussée alpine. Les phénomènes constatés par nous près d'Aramon et d'Avignon, dans la vallée du Rhône, établissent la liaison entre les charriages alpins et ceux d'Alais, permettent d'évaluer à une cinquantaine de kilomètres l'amplitude minima de ceux-ci, et renseignent enfin sur leur âge qui est du Miocène inférieur.

Il y a donc, dans la région d'Alais, posés l'un sur l'autre, *deux pays de même style tectonique :* le pays houiller; le pays formé de Secondaire et de Tertiaire. Ici comme là, des failles plates, d'allure onduleuse, plongeant à l'Est ou au Sud-Est quand elles plongent, et séparant des paquets de terrains, disposés en lentilles et visiblement traînés, de façon inégale, de l'Est à l'Ouest ou du Sud-Est au Nord-Ouest. La seule différence structu-

---

[1] Pierre Termier et Georges Friedel, *Les débris de nappe, ou klippes, de la plaine d'Alais; lambeaux de calcaire urgonien mylonitique, posés sur l'Oligocène* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1034).

Pierre Termier, *Phénomènes de charriage, d'âge alpin, dans la vallée du Rhône, près d'Avignon* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 1290).

Paul Thiéry, *Nouvelles observations sur le système d'accidents géologiques appelé faille des Cévennes* (*Comptes rendus*, t. 168, 1919, p. 902); *Sur les écailles ou nappes de charriage de la région d'Alais* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 143); *Quelques observations nouvelles sur les débris de nappe (klippes) de la plaine d'Alais* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 583).

rale est que, dans le Houiller, il y a fréquemment des plis couchés, tandis que de tels plis semblent rares dans le Secondaire; mais cette différence

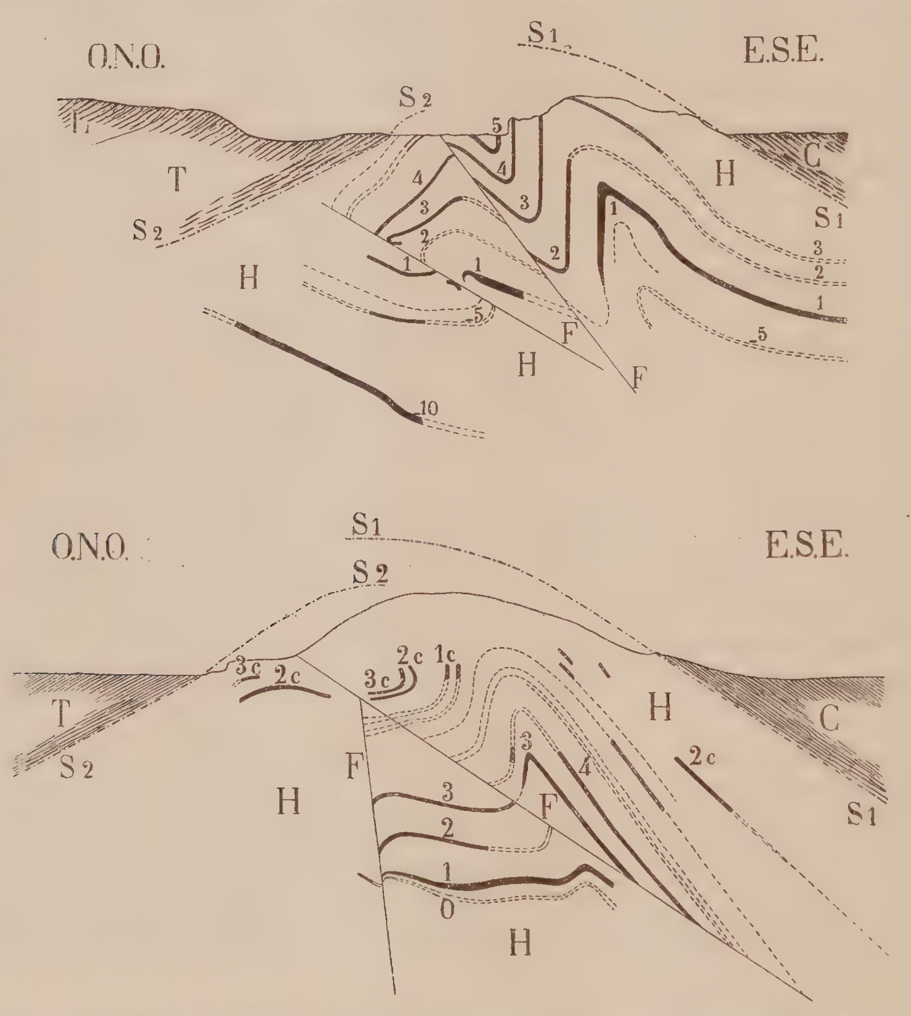


Fig. 1. — Deux coupes à travers le Houiller de Rochebelle, la première (en haut) passant un peu au nord de Tamaris, la deuxième par le puits Vassal. — S_1, S_2, surfaces de charriage ou de traînage; H, Houiller; 0, 1, 2, ... couches du faisceau de Fontanes (-5, couche dite du 246; -10, couche dite de 10^m); 1*c*, 2*c*, ..., couches du faisceau de Cendras; F, failles inverses; T, Trias; L, Lias; C, Jurassique supérieur et Crétacé inférieur. — Échelle : $\frac{1}{10000}$.

n'a rien d'essentiel et ne détruit pas l'identité de style; elle s'explique par l'inégalité dans la plasticité. Ajoutons que le contact des deux *pays* n'est pas un contact normal; la surface de base du Secondaire, la surface qui le sépare du Houiller, n'est pas, comme on l'a cru jusqu'à nous et comme il

était tout naturel de le croire, une surface de sédimentation; c'est une surface de charriage ou de traînage, au long de laquelle le Trias perd, le

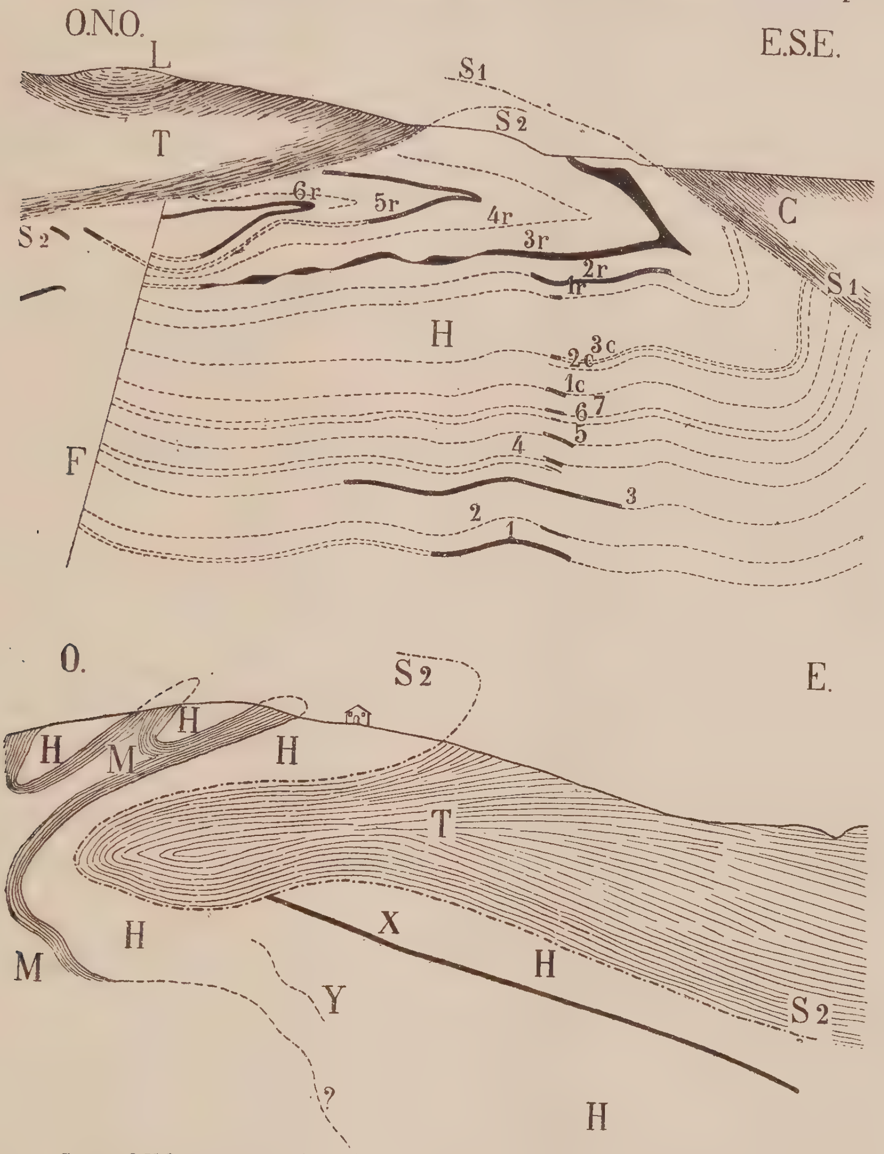


Fig. 2. — Coupe ONO-ESE par le puits Sainte-Marie de Rochebelle (échelle de $\frac{1}{10000}$) et coupe O-E par le château de Traquette (échelle de $\frac{1}{4000}$). — Même légende que pour la figure 1, et, en plus : 1r, 2r, ... X, Y, couches des deux faisceaux dits de Rochebelle; M, micaschistes.

plus souvent, ses assises inférieures, montre, çà et là, une mylonitisation intense, et peut même se réduire, comme au village du Mas-Dieu, à quelques mètres d'épaisseur.

Cela étant, faut-il admettre que, dans les deux pays en question, plissements et charriages soient d'âges différents : d'âge *hercynien* pour le pays houiller, d'âge *alpin* pour le pays secondaire et tertiaire? Ou bien, comme le suggère l'identité des styles tectoniques, tout cela est-il du même âge, d'âge alpin; les charriages et les plis du Houiller ayant été déterminés par l'avancée, au-dessus de ce Houiller, des écailles secondaires et tertiaires? Ce problème ne semble pas s'être posé dans l'esprit de Marcel Bertrand, qui a cru certainement à l'âge hercynien des charriages houillers. La solution se trouve dans la région de Rochebelle. Voici quatre coupes de cette région, d'après les travaux de mines et nos propres observations (*fig.* 1 et 2).

La surface S^1 n'est autre chose que la faille dite des Cévennes. S^2, surface de base du Trias, n'est qu'un dédoublement de S^1, avec laquelle elle semble confondue à l'est de Rochebelle. Les coupes montrent, jusqu'à l'évidence, *l'harmonie des mouvements du Houiller et du Secondaire*, l'entraînement des plis du Houiller par le déplacement, au-dessus de S^2, du Sud-Est au Nord-Ouest, du paquet formé de Lias et de Trias, déplacement provoqué lui-même par l'avancée de l'énorme écaille de Jurassique et de Crétacé. Mais le fait capital est la pénétration du Trias sous le Houiller et sous les micaschistes, au bord ouest du bassin houiller, près de Traquette. Cette pénétration se voit, à la surface, sur plus de 1^{km} de longueur, dans le vallon de Sauvages; elle se manifeste, au fond du ravin de Vent-Malette, *par l'apparition du Trias en fenêtre dans une déchirure de Houiller*; enfin, elle est démontrée par les travaux de mines, qui se sont avancés bien au delà de l'aplomb de Traquette : on ne sait pas encore jusqu'où elle se prolongera. Le Trias du vallon de Sauvages est, en somme, un synclinal, couché jusqu'à l'horizontale, recouvert par un anticlinal complexe où il y a des plis multiples de Cristallin et de Houiller.

Il est donc, sinon tout à fait certain, du moins extrêmement probable que c'est le déplacement, ou le traînage, de l'ensemble des terrains secondaires et oligocènes sur le Houiller, qui a déterminé les plissements de ce Houiller, les failles inverses qui l'accidentent et les charriages qui l'ont découpé en écailles. Le traînage en question s'est fait du Sud-Est au Nord-Ouest; c'est un mouvement d'âge miocène inférieur, contre-coup des derniers mouvements des Alpes. Il s'est heurté à la résistance du grand massif cristallin; et cette résistance a été cause de l'ascension de toutes les écailles du Sud-Est au Nord-Ouest, du redressement des assises secondaires et du Houiller sous-jacent le long du bord du bassin, enfin du refoulement local (région de Traquette) du massif cristallin et du Houiller sur l'une des écailles charriées.

Çà et là, dans le Houiller, on voit des traces d'une tectonique ancienne, d'âge hercynien, en complète disharmonie avec la tectonique alpine dont nous venons de parler : telle est, probablement, la faille inverse, de direction Nord-Sud, qui sépare les deux faisceaux dits de Rochebelle. Mais cette tectonique ancienne paraît avoir été très simple. A ne considérer que les accidents les plus violents de sa structure, le bassin houiller du Gard nous semble vraiment appartenir à la chaîne des Alpes.

ÉLECTRICITÉ. — *Étude graphique du fonctionnement des audions à circuit résonant comme récepteurs sensibilisés ou comme désamortisseurs.* Note [1] de M. **André Blondel**.

Dans une précédente Communication [2], j'ai montré comment on peut, avec un certain degré d'approximation, représenter les oscillations libres entretenues par amplificateurs, en fonction des variables u (partie variable de la différence de potentiel aux bornes) et i (partie variable du courant dans la lampe) par des courbes déduites par une anamorphose géométrique en fonction de u de la courbe de U et I déterminée dans le régime statique. Suivant l'inclinaison de la tangente de cette caractéristique anamorphose au point moyen P, il y a amorçage ou stabilité.

L'anamorphose par rapport à i (au lieu de u) permet d'étudier, d'autre part, les propriétés amplificatrices de l'appareil lorsque le coefficient de couplage est réglé au-dessous de la valeur qui provoque l'amorçage et qu'on provoque dans l'appareil des oscillations forcées par une force électromotrice alternative de même fréquence que celle qui correspond à la résonance de l'appareil.

Deux cas sont à considérer, suivant que l'on fait agir cette force électromotrice dans le circuit de plaque ou dans le circuit de grille.

1. *Cas d'une source de force électromotrice alternative e intercalée dans le circuit de plaque.* — Considérons donc un circuit oscillant composé de deux branches montées en dérivation aux bornes AB; l'une comprend une self-induction L de résistance r_1, l'autre une capacité C en série avec une résistance r_2. L et C sont réglés à la résonance pour la vitesse de pulsation ω ($\omega^2 CL = 1$) de la force électromotrice $e = \varepsilon \sin \omega t$ imposée; l'ensemble L

[1] Séance du 8 décembre 1919.
[2] *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 943; on conserve les mêmes notations ici.

et C présente donc, pour le réglage oscillatoire forcé, une résistance non inductive R_0. Les bornes AB sont reliées à un circuit comprenant en série la force électromotrice e, une résistance éventuelle R, et le circuit filament-plaque d'une lampe à trois électrodes, alimentée par une force électromotrice E, et dont la grille est excitée par un enroulement accouplé à la self-induction L. Soit M le coefficient d'induction mutuelle (positif) [1] correspondant; la grille est ainsi soumise à la force électromotrice alternative $\frac{M}{L}R_0 i$, proportionnelle à i. Le fonctionnement de cet ensemble (circuit oscillant et lampe) est donc identique à celui des audions à rhéostat décrit sous II dans une Note du 20 octobre [2], en convenant simplement de remplacer u par e, et v par $\frac{M}{L}R_0 i$. Cette excitation de grille équivaut, dans les parties rectilignes des caractéristiques, à une force électromotrice $\frac{kM}{L}R_0 i$ dans le circuit de plaque. La résistance apparente en série dans le circuit filament-plaque devient $R'' = R + R_0$.

La caractéristique anamorphosée Γ (*fig.* 2) passant par le point central de régime P suffit à déterminer l'effet de cette force électromotrice; si le couplage est très fort, il y a amorçage et oscillations entretenues; si le couplage est plus faible, l'auto-excitation de la grille produit un effet désamortissant. En effet, le coefficient d'amortissement est proportionnel à la

---

(1) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 943. *Erratum* à cette Note : A la page 943, deuxième ligne à partir du bas, et à la page 944, première ligne, *au lieu de* $\frac{kM-L}{L}$, *lire* $\frac{L}{kM-L}$.

On peut compléter cette Note en remarquant que si, dans le développement de i, [équation (8 *bis*)], le coefficient b_5 est très grand devant le coefficient b_3, l'amplitude A_1 de l'harmonique fondamental de u a pour expression (en faisant $b_3 = 0$)

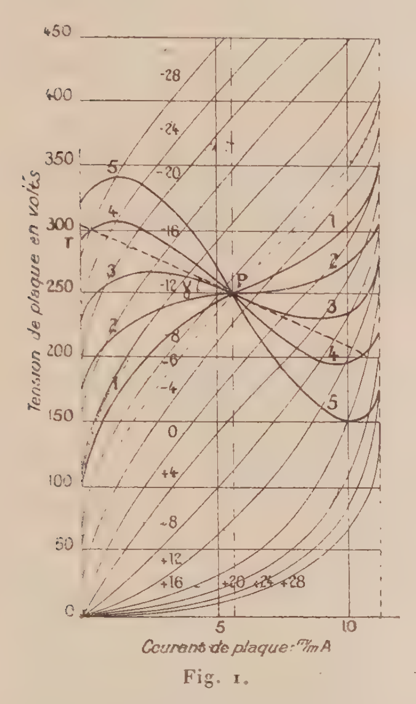
$$A_1 = \frac{2}{h}\sqrt{\frac{1-\frac{h_0}{h}}{10 b_5}},$$

h et h_0 ont même signification que dans la Note précitée. Pour $b_3 \neq 0$, on trouverait

$$A_1 = \frac{1}{h}\sqrt{\frac{-3b_3+\sqrt{(3b_3)^2+\frac{40 b_5}{9}\left(1-\frac{h_0}{h}\right)}}{5 b_5}}.$$

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 676 et 820. La figure 1 reproduit une famille de courbes anamorphosées correspondant à ce type.

résistance apparente, et celle-ci a ici pour valeur $R' = \tang \gamma$, en appelant γ le coefficient angulaire au point P de la courbe anamorphosée par rapport à l'horizontale; on a $R' = \rho + k\frac{M}{L}R_0$. En augmentant le couplage de



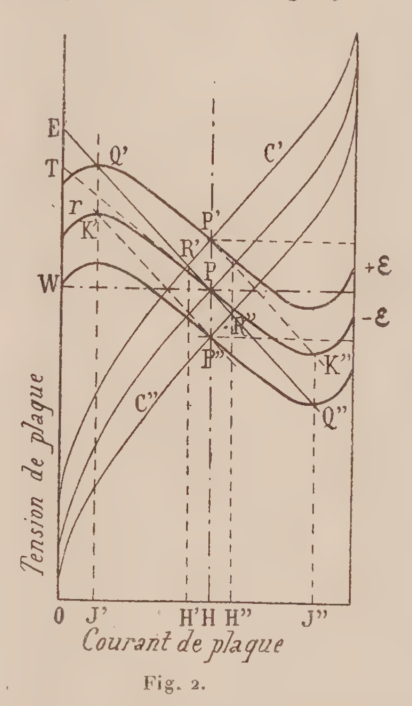


Fig. 1. — Exemple de caractéristiques dynamiques de l'audion générateur déduites par anamorphose de la caractéristique statique passant par le point de régime moyen P rapportées au courant moyen de plaque I (en abscisses) et à la différence de potentiel U entre la plaque et le filament (en ordonnées). Les courbes en traits fins représentent les caractéristiques statiques d'un audion dans l'hypothèse simplificatrice de l'invariabilité du courant de saturation. Les courbes 1 à 5, en traits forts, indiquent les caractéristiques dynamiques correspondant à des degrés croissants de couplage par rhéostat de la grille dans un audion jumelé. La droite PT représente une droite d'amorçage au-dessous de laquelle doit passer la caractéristique pour que l'oscillation soit possible.

Fig. 2. — Représentation graphique du fonctionnement d'un audion agissant comme désamortisseur d'un circuit oscillant (au lieu de *r*, lire Γ).

manière que le point T de la tangente se rapproche du point E caractérisant la résistance $R'' = R_0 + R$, on peut réduire indéfiniment la résistance apparente, et par conséquent l'amortissement; on est limité seulement par la crainte de l'auto-amorçage, qui se produit dès que $R' \geqq R''$.

Supposons que la force électromotrice *e* oscille suivant une loi harmonique simple de pulsation ω entre les valeurs extrêmes $+\varepsilon$ et $-\varepsilon$ au-dessus et au-dessous de l'horizontale passant par le régime moyen P, elle produit

le même effet que si l'on faisait varier u entre $+\varepsilon$ et $-\varepsilon$; les valeurs correspondantes $+i$ et $-i$ de l'amplitude du courant s'obtiennent en prenant des intersections des deux horizontales $\pm\varepsilon$ avec la caractéristique anamorphosée dont on aura retranché les ordonnées de la droite TP; il revient au même de tracer par les points $P'P''$ deux droites parallèles à EP dont les points de rencontre K'' et K' avec la caractéristique déterminent l'amplitude totale de l'oscillation.

L'amplitude totale des oscillations du courant serait $H'H''$ en l'absence de tout couplage de la grille avec le circuit oscillant ($H'H''$ sont les projections des points $R'R''$ sur l'axe horizontal), et devient JJ' par l'effet de l'anamorphose de la caractéristique. Le rapport $\frac{JJ'}{HH'}$ mesure l'amplification produite par le couplage M.

Cas limite. — La construction qui précède donne, quand on fait $\varepsilon = 0$, le cas limite de l'audion générateur, s'amorçant si le coefficient angulaire de la tangente à la courbe en P est supérieur à $R_0 + R$; on trouve ainsi une nouvelle façon de faire par anamorphose la représentation des conditions d'entretien, et la détermination de l'amplitude par l'intersection de la droite OE avec la courbe anamorphosée. La même épure permet de se rendre compte du rôle que joue l'effet « bouchon » du circuit oscillant; en effet, la résistance R_0, qui est beaucoup plus grande que la résistance ohmique de la self-induction quand elle est traversée par le courant à l'état statique, représente principalement la résistance plus grande produite par le courant oscillant; quand la résistance de ce circuit tend vers zéro, l'effet bouchon tend vers l'infini; la droite EP tend à devenir verticale, et l'on voit alors que, quelle que soit la force électromotrice imposée ε, l'amplitude de l'oscillation tend vers zéro par suite de la forme de la branche inférieure de la caractéristique d'oscillation, même quand celle-ci est parallèle à EP en P.

On remarquera que dans les courbes anamorphosées en fonction de u, le coefficient angulaire de la courbe de la caractéristique d'oscillation devait être inférieur à une valeur limite R_0 pour qu'il y eût amorçage; tandis qu'ici le coefficient angulaire doit être, au contraire, supérieur à la droite limite pour produire l'amorçage.

La différence entre ces deux résultats provient de ce que dans le premier cas on avait à comparer la puissance $\frac{u^2}{R_0}$ empruntée à la lampe pour alimenter le circuit oscillant ayant à ses bornes la tension u, et l'équation de condition $\frac{u^2}{R_0} < ui$ revenait donc à dire que l'on devait avoir une admittance $\frac{i}{u}$ supé-

rieure à l'admittance disponible $\frac{1}{R_0}$ du circuit oscillant. Ici, au contraire, nous considérerons l'énergie dépensée dans le circuit oscillant sous la forme $R_0 i^2$, et l'équation de condition rapportée aux énergies devient alors $R i^2 < ui$ ou $\frac{u}{i} > R$. Mais tant que les oscillations sont d'amplitude infinitésimale, la condition d'amorçage est la même.

2. *Cas d'une force électromotrice e oscillatoire agissant sur la grille.* — Prenons même montage de la lampe et du circuit oscillant, mais appliquons la force électromotrice extérieure e en série dans le circuit filament-grille. On supposera que la grille est assez négative pour que le régime moyen P se trouve dans une région de l'épure où les caractéristiques statiques sont parallèles (*fig.* 1); on sait en effet que, quand le potentiel de grille devient franchement inférieur à zéro, tout abaissement de la valeur constante de ce potentiel déplace simplement la caractéristique parallèlement à elle-même suivant l'axe des U sans changer sensiblement sa forme; c'est-à-dire que l'on a, en appelant U le potentiel de plaque et V le potentiel de grille : $I = F(U + kV)$. Supposons toujours que la lampe est alimentée par une force électromotrice E à travers une résistance R, et que la variation de la différence de potentiel variable u est mesurée aux bornes de la lampe. L'introduction de la force électromotrice alternative oscillante e dans la grille déplace le point régime autour du point P sur la droite EP, et l'amplitude de l'oscillation est déterminée par l'intervalle entre les deux courbes parallèles à la caractéristique statique, et qui correspondent respectivement à des potentiels de grille égaux à $V + e$ et $V - e$; par exemple, l'oscillation de courant H′H″ correspond à une oscillation de potentiel de grille entre les courbes statiques C′ et C″, correspondant respectivement à $V + \varepsilon$ constant et à $V - \varepsilon$ constant sur la grille.

Pour passer aux caractéristiques d'oscillation, nous avons ici à anamorphoser non plus seulement la caractéristique qui passe par le point P, mais *tout le réseau* des caractéristiques correspondant à des potentiels de grille différents.

Cette anamorphose du réseau complet (au moins de la région voisine de P) est très facile dans le cas considéré ici, où l'excitation en retour donne lieu à une variation de la tension de grille de la forme $v = bi$. En effet, la fonction

$$I = F(U, V + e + bi) = F(U, V + bi + e),$$

et par conséquent toute courbe statique telle que C′ se transforme par

anamorphose en une courbe identique à la courbe anamorphosée Γ passant par P et qui est simplement déplacée verticalement parallèlement à elle-même de manière à passer par le point P′, où C′ coupe la verticale HP. Toutes les courbes du réseau sont donc remplacées par d'autres qui restent semblables et parallèles entre elles.

La ligne EP coupe ces courbes sous une inclinaison plus faible que les courbes du réseau statique (d'autant plus faible qu'on se rapproche plus de l'amorçage); pour une même variation $\pm e$, l'amplitude d'oscillation du courant HH′ mesurée entre les points d'intersection sera donc augmentée. Elle pourrait devenir infinie si les courbes statiques étaient des droites parallèles entre elles donnant lieu à des courbes anamorphosées parallèles à TP; mais la courbure de ces courbes limite l'amplitude, si l'on n'atteint pas la condition d'amorçage. Au delà de cette dernière, il y aurait instabilité, c'est-à-dire que le courant, au lieu d'osciller harmoniquement, passerait brusquement d'une valeur voisine du courant de saturation à une valeur voisine de zéro.

Tant que l'excitation de grille est en phase avec le courant, l'emploi des caractéristiques d'oscillation ne fait pas intervenir comme variable le temps; les harmoniques supérieurs n'apparaissent pas sur le diagramme.

En deuxième approximation, dans le cas où la force électromotrice d'excitation en retour sur la grille présente un certain décalage par rapport à u, le terme en $\frac{du}{dt}$ se traduit par une force électromotrice de correction égale à $\frac{r_1}{\omega L}u$ sensiblement, en supposant que la fraction soit petite, et qui est décalée de $\frac{\pi}{2}$ en arrière de la tension u; on déterminerait de même sur la caractéristique anamorphosée l'amplitude correspondant à ce terme correctif; et l'oscillation rapportée au temps serait la combinaison des deux composantes ainsi obtenues, entre lesquelles existe un décalage de phase d'un quart de période.

Cette solution ne se prête pas aussi bien au calcul des harmoniques supérieurs que celle de ma Note précédente, parce que, en dehors de la fréquence fondamentale, le circuit oscillant présente une résistance *complexe* et variable.

BOTANIQUE. — *Sur le parasitisme d'une Algue rouge* (Polysiphonia fastigiata *Grev.*). Note [1] de M. C. Sauvageau.

Certaines Algues marines abritent une flore variée et abondante, tandis que d'autres sont indemnes ou donnent asile à un petit nombre d'espèces. Les anciens auteurs appelaient uniformément parasites les Algues qui croissent sur d'autres Algues. Actuellement, on distingue les épiphytes, qui s'y appuient simplement, comme sur un support inerte, et les vrais parasites, ou endophytes, qui y pénètrent plus ou moins profondément. Le parasitisme présente divers degrés, il est intercellulaire ou intracellulaire; le parasite peut aussi pénétrer dans le support pour s'y nourrir, ou seulement pour s'y protéger, ou pour l'une et l'autre raison. La plupart des Algues endophytes sont adaptées à une seule espèce ou à un très petit nombre d'espèces hospitalières.

Si certaines espèces épiphytes, indifférentes au choix de leur support, croissent aussi bien sur les rochers que sur des Algues, d'autres ont exclusivement ce dernier caractère, parce que le support (fronde spongieuse des *Codium*, surface veloutée des *Chorda* et *Cladostephus*, cryptes des Fucacées, stipe rugueux du *Laminaria Cloustonii*, etc.) leur fournit un abri particulièrement efficace. D'autres se posent exclusivement, ou de préférence, sur telle ou telle Algue compacte et lisse sans que l'on en saisisse la raison; c'est le cas du *Polysiphonia fastigiata*, Floridée haute de quelques centimètres, qui croît en touffes denses sur l'*Ascophyllum nodosum*, l'une des Fucacées les plus répandues sur les côtes atlantiques abritées d'Europe et d'Amérique, couvrant même parfois de grandes étendues. Or, presque partout où vit l'*Ascophyllum*, on trouve aussi le *P. fastigiata*, et généralement en abondance, aussi a-t-il été souvent étudié; on le cite pour le nombre inusité de ses cellules péricentrales, pour la netteté de ses communications protoplasmiques, pour son curieux parasite, le *Choreocolax Polysiphoniæ*. Son épiphytisme spécifique est classique; cependant cette notion repose sur une erreur.

En 1901, toutefois, Gibson [2] signalait incidemment que les rhizoïdes du *P. fastigiata* pénètrent profondément dans le thalle de l'*Ascophyllum;*

---

(1) Séance du 15 décembre 1919.

(2) Harvey Gibson, *Notes on the Histology of* Polysiphonia fastigiata (*Roth*) *Grev.* (*Journal of Botany*, t. 29, Londres, 1891).

néanmoins, il le désignait comme épiphyte, et c'est peut-être pour cette raison que sa remarque a passé inaperçue, peut-être aussi parce que Falkenberg n'en tient pas compte dans son grand Ouvrage sur les Rhodomélacées ([1]). Or, son parasitisme est si parfaitement caractérisé et si facile à constater qu'il serait un excellent exemple à choisir pour des travaux pratiques d'étudiants. Je l'ai observé en septembre dernier, à la Station biologique de Roscoff, sur des exemplaires adultes et sur des plantules, fort abondantes en cette saison; aucun des individus examinés ne possédait de disque d'adhérence, ni même de rhizoïdes d'adhérence, comme en présentent les Algues épiphytes. Ce qui est intéressant, dans la circonstance, n'est pas autant de faire connaître une nouvelle Floridée parasite, car Setchell en compte 51 espèces bien caractérisées comme telles ([2]), que de constater le phénomène chez une plante très vulgaire qui devient de beaucoup la plus grande des Floridées parasites européennes; ce parasitisme s'exerce aux dépens d'une Algue brune, tandis que la plupart des autres vivent sur des Algues rouges; enfin, si le parasitisme de certaines espèces minuscules a donné lieu à des interprétations inconstantes, celui du *P. fastigiata* ne prête à aucun doute par son évidence même.

Dès le début, la plantule se fixe à l'*Ascophyllum* en y pénétrant. Une plantule polysiphoniée, haute de $0^{mm},2$ au-dessus du support, possède déjà une partie endophyte, unicellulaire, presque aussi longue qu'elle, et homologue du premier rhizoïde des *Polysiphonia* à vie indépendante ([3]). Ensuite, la partie dressée s'accroît incessamment, tandis que la partie profonde s'allonge à peine. Celle-ci, enfoncée comme une cheville obtuse entre les cellules de l'*Ascophyllum*, est droite ou un peu tortueuse, simple, indivise, de même largeur que la plantule ou presque, cylindrique à extrémité arrondie. Nettement fixatrice, cette cellule basilaire joue évidemment aussi le rôle de suçoir. Elle n'est jamais enfouie totalement dans le support, car sa partie supérieure, d'une teinte plus rosée que le filament, est toujours visible. La partie endophyte, qu'une traction mesurée permet d'arracher intacte, est pareillement rosée par ses chromatophores; sa paroi, d'épais-

---

([1]) P. Falkenberg, *Die Rhodomelaceen* (*Fauna und Flora des Golfes von Neapel*, Monographie 26, Berlin, 1901.

([2]) W.-A. Setchell, *Parasitism among the red Algæ* (*Proceedings american philosophical Society*, t. 62, Philadelphie, 1918).

([3]) Fr. Tobler, *Weitere Beiträge zur Kenntnis der Florideen keimlinge* (*Beihefte Botan. Centralblatt*, t. 21, Dresde, 1907). — H. Kylin, *Ueber die Keimung der Florideensporen* (*Arkiv för Botanik*, t. 14, Stockholm, 1917).

seur très variable, montre souvent une stratification multiple et son protoplasme s'étale, en haut, contre la paroi commune avec la première cellule centrale; celle-ci présente des cellules péricentrales normales dont le suçoir est toujours dépourvu.

Chaque cellule du verticille péricentral inférieur produit bientôt vers le bas, et dans l'épaisseur de la membrane du suçoir, une courte file de cellules; toutefois, cette légère cortication ne descend jamais dans la portion endophyte.

Avant de se bifurquer, le jeune filament émet une ou plusieurs branches adventives basilaires, souvent deux opposées, fournies par la cellule centrale inférieure, et d'abord dirigées quasi horizontalement. Puis de nouvelles branches adventives, de même origine, naissent immédiatement au-dessous des précédentes. De croissance rapide, elles se bifurquent souvent avant le filament primaire, et un bouquet de filaments semblables, mais d'âge différent, constituent le jeune *Polysiphonia*.

Tandis que la base des branches adventives grossit, chacune émet, comme le filament primaire, des cellules intramembraneuses de cortication et la jeune touffe repose plus largement sur l'*Ascophyllum*. Lorsque les germinations sont groupées sur le support, ce qui est fréquent, les plantules s'enchevêtrent, se soudent plus ou moins entre elles, et une touffe est alors due à la réunion de plusieurs individus originellement indépendants.

Cependant, le suçoir de chaque individu était jusque-là unique et son seul organe de fixation. Bientôt, de leur face inférieure et tout près de leur insertion, les branches adventives émettent des suçoirs identiques au premier, pourvus comme lui d'une cortication basilaire interne, et qui s'enfoncent de même dans l'*Ascophyllum* perpendiculairement à sa surface. A ce même niveau, elles produisent des branches adventives de second ordre identiques à elles.

Des branches, que leur situation ou leur direction rapproche le plus du support, émettent des rhizoïdes aux dépens de cellules péricentrales. Une action de contact ne peut pas toujours être invoquée pour expliquer leur apparition, car certains d'entre eux dépassent $0^{mm},5$ de longueur; ils naissent souvent par groupes; on en voit même parfois une dizaine qui sont contigus, et un filament peut en émettre plusieurs groupes dispersés sur sa longueur. Les rhizoïdes courts se comportent exactement comme les suçoirs; ceux qui sont longs sont d'abord grêles, puis s'élargissent pour pénétrer dans le support, et je n'ai vu aucun d'eux s'étaler sur le support, comme cela s'observe chez les Rhodomélacées rampantes. Leur effet ne

tarde généralement pas à se faire sentir sur le filament qui les émet, car, tout auprès d'eux, apparaissent des branches adventives qui constituent une nouvelle touffe, capable de vivre indépendamment de la touffe mère si un accident l'en sépare. Ces rhizoïdes-suçoirs permettent donc la fixation, la nutrition et la multiplication de la plante. Le nombre de ces touffes filles varie beaucoup selon les individus.

Les suçoirs se voient facilement sur les coupes du support, car ils y pénètrent largement, écartent les files radiales de cellules corticales et s'avancent jusque dans la moelle; ils sont dépourvus de ponctuations. Je n'ai pas observé de réaction particulière de la plante hospitalière; cependant, certaines cellules voisines des suçoirs sont mortifiées, à contenu brun et mort; en outre, les globules de fucosane sont peut-être plus abondants au voisinage des suçoirs, dont la paroi rougit aussi par la vanilline chlorhydrique.

La présence du *P. fastigiata* sur l'*Ascophyllum* s'explique donc par une adaptation spécifique à la vie parasitaire. Il paraît rare sur les *Fucus;* quelques auteurs l'y ont cité, d'ailleurs sans indiquer dans quelles conditions biologiques. Cependant, Cotton l'a vu en Irlande sur des *F. platycarpus* et *F. vesiculosus* de stations exposées où manque l'*Ascophyllum* (¹). Je l'ai récolté dans les mêmes conditions à l'île d'Ouessant, en septembre dernier, sur des *Fucus* très déchiquetés qui, par leur niveau élevé, appartenaient vraisemblablement à l'espèce *platycarpus*. Il s'y comporte comme sur l'*Ascophyllum*, avec cette différence toutefois qu'il se fixe sur des parties détériorées ou éraflées; son parasitisme y est aussi net. Le *P. fastigiata* vit donc également bien aux dépens de l'un ou l'autre support. Toutefois, s'il n'envahit que les *Fucus* des stations exposées, toujours plus ou moins endommagés, c'est sans doute parce que ses rhizoïdes, ou tout au moins le premier suçoir, ne peuvent traverser la cuticule des *Fucus* comme ils traversent celle de l'*Ascophyllum*.

On sait combien la variabilité des *Polysiphonia* rend parfois difficile leur détermination spécifique; le *P. fastigiata* est, au contraire, très uniforme; peut-être le doit-il à son parasitisme constant.

A ma connaissance, aucun auteur, à part Lyngbye (²), n'a cité le *P. fastigiata* sur les rochers.

(¹) A.-D. Cotton, *Clare Island Survey*, Part 15; *Marine Algæ* (*Proceedings of the royal Irish Academy*, t. 31, Dublin, 1912).

(²) H.-C. Lyngbye, *Tentamen hydrophytologiæ danicæ*, Copenhague, 1809.

Le **Prince Bonaparte** fait hommage à l'Académie d'un article qu'il vient de publier sur les *Fougères de l'Indo-Chine*.

Dans cet article l'auteur étudie les usages de ces plantes, ainsi que les superstitions auxquelles elles ont donné lieu.

PLIS CACHETÉS.

M. **Emmanuel Castet** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 27 mai 1910 et inscrit sous le n° 5815.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, renferme un Mémoire *Sur la loi de la gravitation universelle considérée dans ses rapports avec la lumière*.

(Renvoi à la Section de Physique.)

CORRESPONDANCE.

M. **W. Kilian** adresse un *Rapport sur les recherches sur les faunes fossiles et la stratigraphie du sud-est de la France*, exécutées par lui-même ou sous sa direction au moyen d'une subvention accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1917.

L'**Académie roumaine** adresse l'expression de ses regrets les plus vifs à l'occasion du décès de M. *Ch. Bouchard*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

A. Lacassagne, *La verte vieillesse*. (Présenté par M. Widal.)

MM. **L. Boutan**, **Chervin**, **L. Joleaud**, **Jouaust**, **Le Besnerais**, **R. Locquin**, **Marcel Sommelet** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

La **Fédération française des Sociétés des Sciences naturelles** et MM. **A. Boutaric**, **Émile Brumpt**, **E. Fauret-Frémiet**, **A. Guilliermond**, **A. Vayssière** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

La **Fédération française des Sociétés des Sciences naturelles**, la **Société géologique du Nord** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été accordées sur la *Fondation Loutreuil*.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété des polynomes d'une variable.* Note de M. **Fritz Carlson**, présentée par M. Hadamard.

Soit

$$P(x) = 1 + \gamma_1 x + \gamma_2 x^2 + \ldots + \gamma_n x^n.$$

un polynome en x du degré $n > 0$ et vérifiant $P(0) = 1$. Il existe toujours, sur le cercle $|x| = 1$, des points où $P|(x)| > 1$. Par conséquent, si le nombre réel τ vérifie

$$0 < \tau \leqq 1,$$

les arcs du cercle $|x| = 1$, où $|P(x)| \leqq \tau$, ont une somme $s_n(\tau) < 2\pi$. Le nombre n restant fixe et la condition $P(0) = 1$ étant toujours vérifiée, faisons varier les coefficients $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_n$. Alors les sommes $s_n(\tau)$ auront une limite supérieure $\theta_n(\tau) \leqq 2\pi$.

Pour traiter un premier cas, supposons $n = 1$, de sorte que

$$P(x) = 1 + \gamma_1 x.$$

Les points du plan des x, où $|P(x)| = \tau$, se trouvent sur le cercle

$$(1) \qquad \left| x + \frac{1}{\gamma_1} \right| = \frac{\tau}{|\gamma_1|}.$$

On peut supposer γ_1 réel et négatif, de sorte que le centre M du cercle (1) se trouve sur l'axe réel positif. Soit ACB la corde commune au cercle (1) et au cercle $|x| = 1$, le point milieu C étant sur l'axe positif. Alors

$$\sin \frac{s_1(\tau)}{2} = AC.$$

Pour une corde ABC donnée, on trouvera le centre M en cherchant sur l'axe positif les points M tels que

$$\sin AOC : \sin MAO = \tau.$$

Le point X décrivant l'axe réel positif en partant de O, le rapport sin AOC : sin XAO va en diminuant et atteindra sa valeur minimum sin AOC lorsque XA touche le cercle $|x| = 1$ en A. Par conséquent, pour qu'il existe un cercle (1) passant par les points donnés A et B, il suffit que sin AOC $\leqq \tau$. On en conclut

$$\theta_1(\tau) = 2 \arcsin \theta,$$

limite qui, pour $\tau < 1$, est atteinte par le polynome

$$1 - x\sqrt{1-\tau^2} = 1 - x \cos \frac{\theta_1(\tau)}{2}.$$

Si l'on veut traiter le cas général d'une manière analogue, on aurait à chercher les points où la courbe $|P(x)| = \tau$ coupe le cercle $|x| = 1$. Pour $n \geqq 3$, ces considérations me semblent très compliquées et, pour le moment, je ne peux pas indiquer le valeur exacte de $\theta_n(\tau)$.

Je vais montrer que, pour $0 < \tau \leqq 1$

$$\lim \theta_n(\tau) = 2\pi,$$

de sorte qu'il existe des polynomes $P(x)$ avec $P(0) = 1$ et vérifiant l'inégalité $|P(x)| \leqq \tau$ sur les arcs du cercle $|x| = 1$ dont la somme est aussi voisine de 2π qu'on voudra. D'ailleurs, on peut choisir ces polynomes de telle manière que les arcs considérés soient connexes.

Théorème. — *Soient δ et τ deux nombres positifs, arbitrairement petits. Il existe un polynome* $P(x)$ *vérifiant les conditions suivantes :*

$$P(0) = 1;$$
$$|P(e^{i\varphi})| < \tau \quad \text{pour} \quad -\pi + \delta \leqq \varphi \leqq \pi - \delta.$$

Pour le démontrer, choisissons un nombre réel positif, r vérifiant

$$\frac{1}{|1 - re^{i\delta}|} = \sigma < \tau.$$

Posons

$$\varphi(x) = \frac{1}{1 + rx},$$

x désignant un point de l'arc

(2) $$x = e^{i\varphi}, \quad |\varphi| \leqq \pi - \delta,$$

on aura

$$|1 + rx| \geqq |1 - re^{i\delta}|;$$

par conséquent

$$|\varphi(x)| \leqq \sigma.$$

Faisons une coupure suivant l'axe réel négatif, de $-\frac{1}{r}$ jusqu'à $-\infty$. Alors $\varphi(x)$ peut être développée en une série de polynomes qui converge uniformément dans tout domaine fini laissant à l'extérieur tout point de la coupure. Soit D un tel domaine contenant l'arc (2) et le point $x=0$. Quelque petit que soit $\varepsilon > 0$ on peut donc trouver un polynome $R(x)$ qui, pour tout point de D, vérifie l'inégalité

$$|R(x) - \varphi(x)| < \frac{\varepsilon}{2}.$$

Posons

$$P(x) = R(x) - R(0) + 1.$$

Alors

$$P(0) = 1$$

et, pour tout point x de l'arc (2),

$$|P(x)| \leq |R(x)| + |R(0) - 1| < \sigma + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{2} = \sigma + \varepsilon.$$

Pour achever la démonstration on n'a qu'à choisir $\varepsilon < \tau - \sigma$.

En appliquant les méthodes connues pour calculer les polynomes d'approximation, on pourra obtenir des bornes asymptotiques de $\theta_n(\tau)$. Pour en indiquer une seule, la méthode de M. Mittag-Leffler donnera immédiatement l'inégalité

$$\theta_n(\tau) > 2\pi - k\left(1 + \frac{1}{\tau}\right)\frac{\log n}{n}[1 + \varepsilon(n)],$$

où (pour toute valeur fixe de τ) $\lim \varepsilon(n) = 0$, k désignant une constante numérique (toujours < 12).

Je veux ici signaler une application que j'ai faite du théorème démontré. Elle concerne *les séries de Taylor*

$$a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_n x^n + \ldots$$

à coefficients entiers. Si le rayon de convergence est égal à l'unité, une telle série représentera ou une fonction rationnelle de x ou bien une fonction pour laquelle le cercle $|x| = 1$ est une coupure.

Ma démonstration complète paraîtra dans une autre publication.

ÉLASTICITÉ. — *Méthode de détermination des tensions existant dans un cylindre circulaire.* Note de M. **Mesnager**, transmise par M. H. Le Chatelier.

Dans une Note parue aux *Comptes rendus* (t. 169, 1919, p. 955), M. Portevin donne des indications très intéressantes sur les tensions internes développées dans un cylindre par la trempe. Malheureusement la méthode employée, due à MM. Heyn et Bauer, ne tient compte que des tensions parallèles à l'axe du cylindre et suppose nulles et demeurant nulles celles qui seraient dirigées soit suivant les rayons, soit normalement aux plans méridiens. Si une couche forme frettage, sans donner *aucune tension longitudinale*, après son enlèvement la longueur du cylindre changera (le coefficient de Poisson étant différent de zéro), la formule des deux professeurs de Berlin donnera des *tensions longitudinales*, ce qui est faux.

Cependant il n'est pas rare de voir des tiges de laiton se fendre longitudinalement, preuve de la valeur des tensions négligées.

Il me semble donc utile de donner une méthode exacte.

Admettons, comme la méthode employée le suppose : 1° que l'enlèvement de matière est fait sans développer dans le solide restant de déformations permanentes (une discussion est toujours nécessaire sur ce point après détermination des tensions); 2° que tout soit symétrique par rapport à l'axe; 3° que la pièce soit assez longue pour que, dans les sections considérées, tout soit indépendant de la coordonnée comptée parallèlement à l'axe. Prenons les coordonnées cylindriques. Les tensions à déterminer sont la tension longitudinale λ, la tension radiale ρ, suivant le rayon, la tension circonférentielle γ. Les tensions tangentielles sont nulles par raison de symétrie.

On peut procéder, par exemple, par enlèvement de cylindres successifs intérieurs concentriques, au moyen de forages, et mesurer 1° l'accroissement δd du diamètre extérieur, 2° l'accroissement δl d'une longueur l prise sur les génératrices rectilignes du cylindre extérieur. Ces mesures doivent être faites dans une partie voisine du milieu de la longueur du cylindre et ne comprendre que des points distants des extrémités, de deux diamètres au moins. Car, dans ce domaine, une section droite reste plane après forage.

Soient r_1 et r_2, deux cylindres coaxiaux, supportant à la surface des tensions normales ρ_1 et ρ_2; η, le coefficient de Poisson; E, le module d'Young.

En utilisant le calcul de Lamé (*Leçons sur l'Élasticité*. Bachelier, 1852, p. 190), on trouve dans l'enveloppe cylindrique qu'ils limitent

$$(1) \qquad \gamma = [\rho_1 r_1^2 (1 + r_2^2 r^{-2}) - \rho_2 r_2^2 (1 + r_1^2 r^{-2})] (r_1^2 - r_2^2)^{-1},$$

qui est indépendant de λ, puisque les sections droites restent planes. D'autre part, ρ devant se réduire à ρ_1 et ρ_2 sur les surfaces cylindriques limites, et donner aux parallèles à l'axe un allongement uniforme

$$(2) \qquad \rho = [\rho_1 r_1^2 (1 - r_2^2 r^{-2}) - \rho_2 r_2^2 (1 - r_1^2 r^{-2})] (r_1^2 - r_2^2)^{-1}.$$

Si l'on détache un cylindre, de rayon b, à l'intérieur d'un cylindre de rayon a, libre sur sa surface extérieure, on fait disparaître sur la surface intérieure du tube restant des tensions ρ' et γ' et sur sa surface extérieure une tension γ'', ainsi que dans tout son volume une tension longitudinale uniforme λ. Ces tensions satisfont aux formules (1) et (2), car si l'on rétablit ρ', ρ et γ apparaîtront dans l'enveloppe extérieure élastique. La tension ρ'' sur la surface extérieure est nulle, on a donc

$$(3) \qquad \gamma' = - \rho (a^2 + b^2)(a^2 - b^2)^{-1},$$

$$(4) \qquad \gamma'' = - 2\rho' b^2 (a^2 - b^2)^{-1}.$$

L'accroissement du diamètre extérieur du tube, par suite de la suppression du cylindre b, est de signe contraire à ce qui proviendrait des tensions γ'' et λ,

$$(5) \qquad \delta d = - E^{-1} (\gamma'' - \eta\lambda) 2a.$$

L'allongement uniforme que subit l'enveloppe cylindrique, par suite de la suppression du cylindre b, est de même

$$(6) \qquad \delta l = - E^{-1} (\lambda - \eta\gamma'') l.$$

Les quatre équations (3), (4), (5) et (6) déterminent les quatre quantités γ', ρ', γ'', λ. De ces quantités γ' et ρ' sont des solutions immédiatement utilisables. Pour obtenir la tension longitudinale moyenne dans une couche quelconque, on partira de la tension longitudinale trouvée pour la dernière couche extérieure; on passera ensuite aux autres en écrivant que la somme, obtenue en ajoutant le produit de la tension longitudinale de chaque couche par sa section droite, est égale à la tension longitudinale moyenne λ de l'ensemble de n couches, déduite de (5) et (6), multipliée par la section droite de ces n couches, $\lambda_1 S_1 + \lambda_2 S_2 + \ldots = \lambda(S_1 + S_2 + \ldots)$. Si $n - 1$ tensions sont connues à partir de la surface, la n^e sera ainsi obtenue.

Autre manière d'opérer. — Si l'on préfère, on peut aussi enlever les couches extérieures, en ayant soin de conserver dans la section droite centrale deux petits prismes de matière portant chacun une des extrémités d'un même diamètre. Les calculs sont analogues aux précédents.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Sur une machine à tailler les brosses.* Note de M. **Jules Amar**, présentée par M. Lippmann.

Cet appareil se compose essentiellement d'un système de lames tournantes, formant cisailles, mû par une dynamo. Il effectue la taille des brosses, soit droite, soit bombée, avec une parfaite régularité. Je l'ai muni de protecteurs qui permettent de le confier à un aveugle, sans crainte d'accidents. L'intérêt qu'il présente dans ces conditions, c'est de fournir aux aveugles un métier de plus à exercer. La machine entre leurs mains fournit beaucoup plus de travail en un temps donné que les ciseaux maniés par un voyant. On a pris les précautions nécessaires pour que la machine à tailler les brosses ne soit utilisée que dans des ateliers de travailleurs aveugles.

PHYSIQUE. — *Sur l'aluminium spontanément oxydable à l'air.* Note de M. **E. Kohn-Abrest**, présentée par M. d'Arsonval.

Une Note de M. Guillet [1] concernant l'altération subie par certains alliages d'aluminium m'incite à donner une plus large publicité à divers phénomènes dont je consignai l'observation dans ma Thèse, il y a une dizaine d'années [2].

En étudiant l'action de la chaleur dans le vide sur l'aluminium pratiquement pur [3] (Al 99,3 pour 100) je constatais qu'il se volatilise notablement à partir de $+1100°$; qu'en l'absence du silicium et du carbone, la volatilisation est presque totale à cette température (97 pour 100, après 73 heures). Elle l'est même complètement, et au bout de 30 heures, lorsqu'on opère à $+1200°$.

Toutefois, une partie du métal est moins volatile que le reste, et au cours

(1) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 1042.
(2) *Recherches sur l'aluminium* (Béranger, édit.), p. 83-91.
(3) *Comptes rendus*, t. **150**, 1910, p. 159; *Bull. Soc. chim.*, 1910.

d'une sorte de distillation fractionnée, j'ai pu isoler à diverses reprises un métal *spontanément oxydable à l'air*.

Afin d'éviter l'action des vapeurs d'aluminium sur les silicates et, consécutivement, celles du silicium (en vapeurs ou non) sur l'aluminium non volatilisé, j'avais employé comme récipient des nacelles en alumine pure, placées dans un long tube de fer doux et introduit enfin ce dernier dans un tube de porcelaine relié à la trompe à vide.

J'observais alors, en fractionnant la distillation, des phénomènes très curieux concernant, d'une part, les vapeurs d'aluminium sublimées sur l'enceinte en fer doux et, d'autre part, les globules du métal non volatilisé.

1° Le tube de fer doux se recouvre d'un enduit argenté très brillant soit finement craquelé, soit miroitant. Lorsqu'on abandonne le tube à l'air, l'enduit se ternit; mais à l'abri de l'air, il paraît résister indéfiniment, ainsi que j'ai pu le vérifier sur un tube aluminié préparé il y a plus de dix ans.

2° Quant aux portions non volatilisées de l'aluminium restées dans les nacelles au cours de certaines expériences, elles possédaient la propriété singulière d'être spontanément oxydables à l'air. Toutefois, pour les obtenir, il était toujours nécessaire de prolonger le chauffage vers + 1100° au moins pendant 16 heures.

Un des globules d'aluminium spontanément oxydable fut obtenu en chauffant à + 1100° pendant 20 heures de l'aluminium, la perte de poids de la matière première était de 23 pour 100. Le globule résiduaire pesant environ $0^{g},1$, introduit dans un tube ouvert, entre deux tampons de ouate, se transforme complètement après un mois en une poudre grise jaunâtre volumineuse constituée par un mélange de parcelles métalliques et d'oxyde.

Malheureusement, même en prolongeant le chauffage très au delà de 20 heures, je n'ai pas toujours pu obtenir à coup sûr cet aluminium spécial.

L'expérience m'avait montré, d'autre part, que les traces de fer et le silicium, impuretés constantes de l'aluminium, résistent à la volatilisation et donnent dans les nacelles des résidus eux-mêmes spontanément oxydables. On pourrait, par suite, penser que l'aluminium soumis à la distillation, s'enrichissant en impuretés fer et silicium, acquerrait de ce fait la curieuse propriété d'être extrêmement altérable à l'air. Cette explication cadrant assez avec certaines idées chères aux spécialistes de l'aluminium, ne me paraît toutefois pas suffisante : L'aluminium que j'ai isolé comme métal spontanément oxydable ne contenait, en somme, comme impuretés, que

0,40 de fer et 0,50 pour 100 de silicium. C'est-à-dire qu'il était encore beaucoup plus pur que l'aluminium industriel employé pendant si longtemps sans trop d'inconvénients à la fabrication des ustensiles même culinaires.

Aussi doit-on, en attendant une meilleure explication, plutôt attribuer à une transformation allotropique, l'existence de l'aluminium spontanément oxydable que j'ai pu isoler, par distillation dans le vide, de l'aluminium ordinaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Tensions de polarisation du fer dans les solutions de ses sels complexes. Relations entre ces tensions et la dissimulation des caractères analytiques des ions ferriques.* Note de MM. **N.-R. Dhar** et **G. Urbain**, présentée par M. A. Haller.

Soit une pile composée de deux demi-éléments, reliés par une solution de chlorure de potassium. Le premier demi-élément se compose d'une électrode métallique plongée dans la solution d'un sel de ce métal. Le second se compose d'une électrode de mercure que surnagent une solution de chlorure de potassium et un excès de calomel.

La force électromotrice d'une telle pile dépend, à égalité de concentration et de température, de la nature du sel. En comparant, de cette manière, différents sels d'un même métal, on obtient une série de nombres qui classent ces sels dans un certain ordre. Ce principe de classification présente un intérêt particulier en ce qui concerne les sels complexes; et c'est sur ce point que nous désirons attirer l'attention.

Les forces électromotrices des piles, constituées comme il vient d'être dit, avec des solutions décinormales de préférence, ont été déterminées, suivant la méthode de Poggendorff, par comparaison avec un étalon Weston au cadmium.

Lorsqu'on étudie de cette manière des sels complexes, il est fréquent que les nombres varient avec le temps. Cela tient à ce que ces sels évoluent spontanément en solution. Il est alors nécessaire, afin que les résultats se rapportent aussi exactement que possible à la constitution primitive du sel, de faire les mesures aussitôt après avoir préparé les solutions.

La force électromotrice de chaque pile se présente comme une somme de différences de potentiel dont le siège se trouve aux surfaces de séparation des divers milieux. Nous avons admis qu'il était légitime de négliger les différences de potentiel entre les surfaces liquides, vis-à-vis des différences

de potentiel entre les solutions et les électrodes. La force électromotrice se présente alors comme la somme de deux termes, relatifs à chacun des électrodes.

En ce qui concerne l'électrode au calomel, nous avons adopté les nombres donnés par M. Auerbach (*Z. Electroch.*, t. 18, 1912, p. 13). Si la manière de voir sur laquelle repose de telles mesures absolues devait être rejetée dans l'avenir, nos résultats n'en seraient pas affectés, car les valeurs relatives seules sont en cause; mais il nous a paru commode de faire abstraction, dans l'argumentation, du demi-élément au calomel, et de désigner par *tension* la différence entre la force électromotrice de la pile et la valeur correspondante, admise par M. Auerbach, pour le demi-élément de pile au calomel.

D'après la théorie actuelle des ions électrolytiques, cette tension dépend, toutes choses égales d'ailleurs, du nombre d'ions-métal libres dans la solution. Plus grande est la concentration en ions simples libres, pour un métal déterminé, plus faible est la tension observée.

Aux valeurs croissantes des tensions correspondent des concentrations décroissantes en ions métalliques, par divers sels d'un même métal, employés en proportions équivalentes.

Il en résulte que pour différents sels simples d'acides également forts, la tension doit avoir les plus faibles valeurs. S'il s'agit des sels doubles correspondants, les valeurs doivent être, en solutions diluées, à peu près les mêmes que pour les sels simples; car, dans de telles conditions, les sels doubles sont pratiquement dissociés complètement en leurs constituants.

En général, les sels d'acides forts ne donnent guère que des sels doubles; par contre, les sels d'acides faibles donnent des complexes se rapprochant plus ou moins de l'état parfait. Un complexe parfait dissimule les divers constituants de l'ion complexe à leurs réactifs, tant chimiques que physiques. Mais, dans la chimie des métaux, l'ion complexe parfait est un cas limite idéal. En fait, il n'y a que des ions complexes imparfaits, plus ou moins désintégrés en solution, et dont on peut toujours mettre en évidence les constituants simples libérés, si l'on dispose de réactifs suffisamment sensibles. La réaction des forces électromotrices est la plus sensible de toutes, et elle est susceptible d'une mesure précise.

Si un métal est engagé dans un ion complexe, la tension est d'autant plus grande que ce complexe est plus voisin de l'état parfait.

	Nature du sol.	F.E.M (en volts).	Tensions.
Sels ferreux	$FeSO^4, 7H^2O$	+0,747	—0,410
Sels ferreux	$FeSO^4, SO^4(NH^4)^2, 6H^2O$	+0,747	—0,410
Sels ferreux	$[Fe(CN)^6]K^4$	+0,501	—0,164
	$FeCl^3$	+0,660	—0,323
	$FeCl^3, 2NH^4Cl, H^2O$	+0,665	—0,318
	FeF^3	+0,647	—0,310
	$\left[Fe\left(\begin{matrix}CH^2.CO^2\\ C(OH).CO^2\\ CH^2.CO^2\end{matrix}\right)^2\right](NH^4)^3$	+0,574	—0,237
	$[Fe(C^2O^4)^3]K^3$	+0,383	—0,016
	$\left[Fe\begin{matrix}NO\\ (CN)^5\end{matrix}\right]Na^2, 2H^2O$	+0,127	+0,120
	$[Fe(CN)^6]K^3$	—0,167	+0,540

Ces divers résultats sont à rapprocher de ceux qu'a obtenus M. Pascal (*Thèse*, Paris, 1909), pour les susceptibilités magnétiques moléculaires.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la constante de dissociation du peroxyde d'azote.* Note (¹) de M. **Eugène Wourtzel**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On connaît l'importance que présente, au point de vue industriel, la réaction entre les gaz NO et O^2. A la suite de recherches faites par M. l'ingénieur Schreuder (²) (Kristiania), et sur la proposition de ce dernier, j'ai fait une série de mesures sur la vitesse de cette réaction, en ayant recours à la technique expérimentale moderne, sous la forme déjà appliquée à d'autres études (³).

De l'application de cette technique, il résultait, tout d'abord, l'avantage de substituer au contrôle chimique de la réaction la simple mesure de contraction qui se produit dans les gaz réagissants. Mais alors, pour connaître, à chaque instant, les quantités des gaz NO et O^2 entrées en réaction, il est indispensable de connaître le degré de dissociation du peroxyde d'azote formé. Les données actuelles sur la dissociation du

(¹) Séance du 15 décembre 1919.

(²) Chr. Schreuder, *Recherches inédites.*

(³) Eug. Wourtzel, *J. Ch. ph.*, t. 11, 1913, p. 34; *Ibid.*, p. 214; *Comptes rendus*, t. 157, 1913, p. 929; *Ibid.*, t. 158, 1914, p. 571; *Rad.*, t. 11, 1919, p. 290.

gaz N^2O^4 étant déjà assez anciennes et peu concordantes [1], il y avait lieu de procéder à leur révision.

A cause des propriétés corrosives du peroxyde d'azote, j'ai dû renoncer aux mesures de densités habituelles, en leur substituant une nouvelle méthode volumétrique. Cette méthode présente en outre l'avantage d'utiliser l'appareil appliqué à d'autres études et d'être exempte de toutes les pesées, sauf les pesées de calibrage. Le principe de la méthode consiste à mélanger les deux gaz, NO et O^2, mesurés au préalable, et à déterminer, ensuite, la contraction qui s'y produit.

Le dispositif employé comprend deux ballons jaugés, reliés par une canalisation également jaugée et communiquant avec un manomètre à mercure, à trois branches, dont l'une, vidée au préalable et scellée ensuite, sert de colonne barométrique; la seconde sert à la mesure du gaz NO et la troisième à la mesure du gaz O^2. La robinetterie de la canalisation est disposée de façon que les deux gaz ne s'altèrent pas au-dessus de la même colonne du mercure. La température est maintenue à 0^0 dans les deux ballons, par de la glace fondante; les hautes températures sont obtenues par de l'eau chauffée électriquement, à l'aide d'un thermo-régulateur, et fortement agitée.

Les opérations se succèdent de la façon suivante. On remplit le premier ballon, dit *récipient à réaction*, du gaz NO pur et sec. La pression lue (P_{NO}), on ferme le ballon et l'on évacue la canalisation d'une façon complète. Ensuite, on remplit le second ballon, dit *volumètre*, et la canalisation de gaz O^2, dont la quantité doit être suffisante non seulement pour fixer la totalité de gaz NO déjà mesuré, mais aussi pour ramener la réaction à la fin dans un délai aussi court que possible. La lecture faite, (P_{M_1}), on laisse pénétrer l'oxygène dans le récipient à réaction, en ouvrant son robinet.

Pour amener autant d'oxygène que possible, on maintient le robinet ouvert pendant quelques minutes, durant lesquelles la réaction s'effectue en majeure partie. On ferme ensuite le robinet et on ne l'ouvre de nouveau que lorsque la réaction est complètement terminée. On lit ensuite la pression ainsi égalisée (P_{M_2}).

Connaissant les pressions P_{M_1} et P_{M_2} et les données de calibrage, on calcule la pression P_{O^2} de l'oxygène répandu dans le récipient à réaction. La contraction subie P_C est alors déterminée par la relation

$$P_C = P_{NO} + P_{O^2} - P_{M_2}.$$

Si l'on désigne, maintenant, la constante de dissociation du peroxyde d'azote par $K = \frac{(P_{NO^2})^2}{P_{N^2O^4}}$, et par $x = \frac{P_{N^2O^4}}{\frac{1}{2}P_{NO^2} + P_{N^2O^4}}$ le degré de sa polymérisa-

---

(1) E. et L. Natanson, *Wied Ann.*, t. 27, 1886, p. 606.

tion, on obtient, à partir des données expérimentales,

$$x = \frac{2\,P_C}{P_{NO}} - 1 \qquad \text{et} \qquad K = \frac{2\,P_{NO}(1-x)^2}{x}.$$

Les données obtenues sont réunies dans le Tableau suivant :

Tempér. C°....	0°.		25°,2.		
Expériences...	1.	2.	1.	2.	3.
P_{NO}........	20,62	60,32	88,85	150,21	152,61
P_{O^2}........	31,96	66,34	81,14	135,77	133,72
P_C.........	16,27	51,84	64,96	116,50	115,38
x..........	0,5710	0,7187	0,4624	0,5513	0,5515
K..........	13,34	13,28	111,1	109,7	111,5

Tempér. C°....	50°,3.			86°,5.		
Expériences...	1.	2.	3.	1.	2.	3.
P_{NO}........	90,66	197,92	199,0	195,01	193,33	198,68
P_{O^2}........	85,08	173,33	175,29	166,79	168,00	168,68
P_C.........	53,73	128,74	129,47	103,31	102,72	105,73
x..........	0,1853	0,3009	0,3012	0,0601	0,0626	0,0639
K..........	649,5	643,0	643,8	5734	5442	5347

La variation de la constante K avec la température peut être représentée par une équation $\operatorname{Log}\frac{K}{T} = -\frac{2810,5}{T} + 8,9908$.

Tempér. C°......	0°.	25°,2.	50°,3.	86°,5.
K, moyenne observé.......	13,31	110,8	645,4	5508
K, calculé................	13,68	110,5	645,4	5410
Écart pour 100............	− 2,8	+0,3	0,0	+ 1,8

Si l'on compare les résultats de nos expériences avec les mesures plus anciennes de MM. Natanson, telles qu'elles furent recalculées plus récemment par M. Schreber et M. Haber [1], et admises à la suite dans tous les Traités de Chimie physique, on voit que celles-ci concordent entre elles d'une façon beaucoup moins précise que les mesures présentes. Cependant, entre 50° et 100°, les moyennes des mesures isothermiques de MM. Natanson ne se diffèrent que peu de notre courbe.

Au-dessous de 50°, les moyennes isothermiques, calculées par M. Schreber, s'écartent de notre courbe de 10 à 15 pour 100. Il faut cependant noter

(1) Schreber, *Zeits. ph. Chem.*, t. 24, 1897, p. 651. Haber. *Term. Techn. Gasreact*, 1905.

que, même dans ce cas, les mesures de MM. Natanson concordent avec les nôtres tant qu'elles sont faites dans la même région des pressions; les mesures faites dans des régions de pression plus élevée s'en écartent. Alors, d'une façon systématique, les valeurs des constantes deviennent d'autant plus faibles que la pression est plus forte, ce qui s'explique entièrement par l'écart à la loi d'Avogadro.

Si l'on élimine les mesures qui en sont entachées, on peut représenter, avec une exactitude suffisante, à l'aide de notre équation

$$\log\frac{K}{T} = -\frac{2810,5}{T} + 8,9908,$$

les deux séries de mesures faites par deux méthodes essentiellement différentes.

Il en résulte que la chaleur de polymérisation (sous volume constant), $2NO^2 - N^2O^4 = 13132^{cal}$, trouvée par M. Schreber, doit être remplacée par la valeur 12850^{cal}; cette dernière est exacte à 0,5 pour 100.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage de l'arsenic dans l'étain et dans les étamages.* Note de M. LUCIEN VALLERY, présentée par M. Charles Moureu.

La méthode de Marsh, appliquée au dosage de l'arsenic dans l'étain et dans les étamages, indiquée par la plupart des traités de Chimie alimentaire, donne des résultats inexacts, entachés d'une erreur relative par défaut assez faible pour de petites prises d'essai, mais pouvant s'élever avec des prises d'essai importantes jusqu'à 75 pour 100 (1).

La présence des oxydes métalliques réductibles a, d'ailleurs, été signalée par plusieurs auteurs, et par A. Carnot en particulier, comme pouvant gêner la production d'arséniure d'hydrogène gazeux.

Le procédé auquel nous nous sommes référé jusqu'ici pour obtenir un dosage, par comparaison avec lequel les résultats obtenus par la méthode de Marsh se sont montrés erronés, consiste, en principe, à distiller l'arsenic à l'état de chlorure d'arsenic suivant la méthode employée généralement dans les laboratoires métallurgiques, en nous conformant pour la conduite de l'opération aux indications de A. Hollard et Bertiaux, et à doser l'arsenic

(1) Il est, du reste, facile, après plusieurs heures de marche de l'appareil, de constater la présence d'arsenic tant dans la mousse d'étain précipitée, que dans la liqueur sulfurique.

dans le distillat, non pas par l'iode ou par le bromate de potasse, comme on le fait ordinairement, mais par réduction au moyen de l'acide hypophosphoreux (réactif de Bougault) et dosage colorimétrique au moyen d'un colorimètre de précision, de la solution colloïdale d'arsenic obtenue. Nous estimons, en effet, que les méthodes volumétriques, appliquées à la détermination de doses minimes d'arsenic, telles que celles que l'on rencontre dans les métaux affinés, outre qu'elles ne peuvent évidemment comporter qu'une faible approximation, ont, en outre, le dangereux inconvénient de ne pas faire apparaître l'arsenic sous une forme caractéristique.

La réduction par l'acide hypophosphoreux, dans les conditions où elle est appliquée ici, est, au contraire, spécifique de l'arsenic. De plus le dosage colorimétrique, au moyen d'un colorimètre de précision, en employant un mode opératoire spécial, destiné à réduire au minimum les erreurs systématiques inhérentes tant aux défauts de l'appareil qu'à ceux de l'éclairage, est susceptible, avec un peu d'habitude, et en prenant la moyenne de plusieurs observations, de donner une très grande approximation, eu égard aux teneurs dont il s'agit, de l'ordre de 3 pour 100, quand on opère sur des solutions (solution type et solution à titrer) d'une concentration voisine de 10^{-5}. Il suffit, pour cela, de comparer successivement à une même solution type, placée dans une des cellules du colorimètre et observée sous une épaisseur constante pendant toute la durée de l'expérience (jouant par conséquent le rôle de tare), la solution à titrer et la même solution type placées dans l'autre cellule de l'appareil. Cette opération, analogue à la double pesée dans la détermination des masses, élimine presque complètement les erreurs systématiques provenant des défauts précédemment indiqués.

C'est, d'ailleurs, au moyen de cette même méthode que nous avons dosé l'arsenic dégagé de l'appareil de Marsh à l'état d'arséniure d'hydrogène gazeux, en absorbant celui-ci par l'acide nitrique concentré, évaporant ensuite, en présence d'acide sulfurique, jusqu'à fumées blanches, et réduisant par l'acide hypophosphoreux la liqueur obtenue après addition d'eau.

Comme conséquence importante possible de l'erreur par défaut que comporte l'emploi de l'appareil de Marsh pour le dosage de l'arsenic dans l'étain, il y a lieu de se demander s'il ne faut pas voir dans cette erreur l'origine de la sévérité de l'ordonnance préfectorale du 31 décembre 1890, toujours en vigueur, relative à la tolérance de l'arsenic dans les étains fins.

Cette tolérance, qui est de 10^{-4}, ne nous paraît nullement, en effet, correspondre à la teneur présentée par les étains, même les plus purs, que l'on trouve dans le commerce. Les étains purs, en saumons à 2 millièmes d'impu-

retés, dont 1 millième de plomb au maximum, spéciaux au service de l'Artillerie, ne contiennent que très exceptionnellement des teneurs en arsenic de l'ordre de 10^{-4}. Les teneurs que l'on trouve généralement, déterminées par la méthode indiquée précédemment, sont de 2×10^{-4} à 5×10^{-4}.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Sur l'estimation du thiophène dans les benzènes industriels.* Note de M. **André Meyer**, présentée par M. Haller.

Les impuretés contenues dans les benzènes industriels peuvent, dans certaines fabrications, devenir excessivement nuisibles; il en est ainsi du thiophène en particulier. Nous avons observé, lors de la préparation du chlorobenzène par catalyse indirecte par la méthode de M. Auger (dissolution du chlore dans la benzine et séjour ultérieur de la solution saturée sur du fer en tournure), des accidents dus à la présence d'une quantité anormale de ce dérivé sulfuré dans les benzènes utilisés.

La catalyse, d'abord active au début lorsque la tournure est neuve, ne tarde pas à se ralentir, puis à devenir paresseuse et quelquefois s'arrêter complètement, au bout d'un temps parfois très court. En même temps, on constate que la tournure s'est recouverte d'un enduit noir, soluble dans l'eau, insoluble dans la benzine ou le chlorobenzène, lequel empêche l'action catalytique.

Nous avons recherché les causes de ce phénomène et observé que lors d'une bonne catalyse le benzène que l'on sépare par distillation du mélange benzène-chlorobenzène ne contient plus de thiophène. Ce composé forme en effet avec le chlorure ferrique présent au contact du fer un complexe insoluble, analogue à celui qu'il forme avec le chlorure d'aluminium; le thiophène se trouve ainsi éliminé comme dans le procédé dû à MM. Haller et Michel [1]. Une expérience directe nous a confirmé le fait, et démontré le rôle nuisible du thiophène.

La nécessité du dosage préalable du thiophène dans les benzènes nous étant ainsi apparue, nous avons été conduit à modifier le procédé de Denigès [2], basé sur la précipitation du thiophène par le réactif

---

(1) Haller et Michel, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 15, 1896, p. 1065. Les mêmes auteurs avaient également observé la formation d'une combinaison brune et visqueuse du thiophène avec le chlorure ferrique anhydre.

(2) Denigès, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. 15, 1896, p. 1064.

mercurique, en milieu méthylalcoolique, sous forme du composé

$$SO^4(HgO)^2.HgSC^4H^4.$$

La modification consiste à doser volumétriquement le mercure en excès par le sulfocyanure d'ammonium déci-normal, en se servant de l'alun ferrique comme indicateur, exactement comme dans la méthode de Charpentier dans le cas de l'argent.

Cette méthode s'est montrée d'une exactitude suffisante pour les usages de la pratique et nous avons pu la mettre à l'épreuve pendant plusieurs années. Elle ne nécessite l'emploi que d'une seule liqueur titrée, au lieu de deux, dont l'une (cyanure de potassium) est d'un emploi moins fréquent dans les laboratoires.

On prépare le réactif Denigès en dissolvant 50^g de HgO dans une solution de 200^{cm^3} d'acide sulfurique pur dans 1000^{cm^3} d'eau. On effectue la précipitation du thiophène en milieu méthylalcoolique, comme l'indique Denigès. Mais l'alcool méthylique pur à 99° du commerce renfermant toujours des traces d'acétone qui précipitent avec le sel mercurique, on procède à un essai témoin pour correction. On peut aussi remplacer l'alcool méthylique par l'alcool éthylique à 97°-99°, mais un dosage témoin est également nécessaire pour titrer le réactif Denigès, opération qu'on fera de temps à autre pour s'assurer de l'inaltérabilité de celui-ci.

Dans une fiole bouchée à l'émeri, on place 75^{cm^3} d'alcool méthylique, 20^{cm^3} de réactif Denigès et 5^{cm^3} de benzène à essayer. On prépare dans les mêmes conditions l'essai témoin, mais en utilisant 5^{cm^3} de benzine pure exempte de thiophène. On agite le mélange de temps en temps; le précipité se forme. On filtre au bout de 30 minutes, ou bien si l'on ne filtre pas, on agite pour rendre la solution homogène, et après dépôt du précipité, on prélève 10^{cm^3} de la solution claire pour le dosage. On ajoute 20^{cm^3} d'eau distillée, quelques gouttes d'acide nitrique exempt de vapeurs nitreuses et 1^{cm^3} environ d'alun ferrique ammoniacal à 20 pour 100. On verse ensuite, sans se préoccuper si la solution est louche ou se trouble, du sulfocyanure $\frac{N}{10}$ jusqu'à coloration rose persistante.

n et n' étant les nombres de centimètres cubes de sulfocyanure trouvés pour le témoin et pour le benzène à essayer $(n-n')$ correspond au mercure précipité par le thiophène. Or 1^{cm^3} de sulfocyanure décinormal correspondant à $0^g,01$ de Hg, d'après l'équation

$$HgSO^4 + 2CySAm = (CyS)^2Hg + SO^4Am^2,$$

la teneur en thiophène par litre s'exprimera donc par

$$0^g,01 \times 2000 \times (n-n') \times 0,14 = 2^g,8 \times (n-n'),$$

0,14 étant le facteur de transformation du mercure par rapport au thiophène précipité,

d'après la formule du composé mercurico-thiophénique. On néglige le volume du précipité.

Comme on le voit, il n'est pas nécessaire de préparer le réactif Denigès en pesant exactement l'oxyde de mercure, puisqu'on fait le titrage par différence.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Production de l'oxyde de carbone dans les flammes de différents gaz.* Note de MM. **André Kling** et **Daniel Florentin**, présentée par M. Haller.

La nécessité de remédier à la crise des combustibles devant avoir pour conséquence l'emploi de combustibles de remplacement, nous avons été amenés à étudier divers problèmes soulevés par cette substitution.

Le premier objectif que nous nous sommes proposé a été de comparer la proportion d'oxyde de carbone qui, dans les conditions de la pratique, se produit normalement lorsqu'on alimente les appareils de chauffage ou d'éclairage domestiques usuels avec des combustibles gazeux de compositions variées.

Tous nos essais ont été effectués dans une chambre close, d'une capacité voisine de 4^{m^3} (3800^l exactement). L'atmosphère était convenablement refroidie à l'aide d'un serpentin à circulation d'eau froide, de façon à éviter une élévation notable de la température de l'enceinte. Les différents appareils expérimentés étaient disposés au milieu de la chambre, dans les conditions même de leur emploi normal.

L'oxyde de carbone produit a été dosé dans l'air, en utilisant la méthode indiquée par Ogier et Kohn-Abrest [1]. Elle consiste, ainsi qu'on le sait, à déterminer le volume gazeux qu'il est nécessaire de faire barboter dans un volume connu de sang dilué pour provoquer l'apparition des bandes d'absorption spécifiques de la carbooxyhémoglobine. Cette méthode possède, pour la pratique, une exactitude suffisante; en outre elle présente l'avantage d'être absolument spécifique.

Nos expériences ont porté sur des temps relativement courts et, pour chacune d'elles, les volumes de gaz brûlés ont été inférieurs à 150^l. De cette façon, nous avons évité un changement appréciable de composition de l'air, susceptible de modifier les conditions de combustion normale, et en même temps nous avons réduit l'importance des pertes, impossibles à

---

[1] *Annales de Chimie analytique*, 1908, p. 169-218.

éviter totalement de la part d'une chambre non construite spécialement à cet effet.

Aussi tous nos résultats, sans avoir la prétention de présenter un degré d'exactitude hors de mise du reste pour des essais de ce genre, sont en tout cas absolument comparables entre eux.

Nous les avons résumés dans le Tableau suivant. L'oxyde de carbone produit y est exprimé en litres pour 100^{l} de gaz brûlé. Nous appelons « flamme écrasée » celle obtenue en disposant l'appareil de chauffage, dans les conditions habituelles de la pratique, sous un récipient d'eau froide. C'est généralement après 1 heure de fonctionnement de l'appareil que le dosage de l'oxyde de carbone a été effectué.

Appareils.	I. Gaz de ville (8 pour 100 CO).	II. Gaz à 60 pour 100 de CO.	III. 1° Gaz synthétique sans CO.	IV. 2° Gaz synthétique sans CO.	V. Gaz à 25 pour 100 de CO.	Consommation horaire.
Bec Bunsen à flamme libre...	0,18	0,24	»	»	0,30	110^{l}
» » écrasée.	1,30	1,15	1,4	»	1,18	110
Fourneau à flamme libre....	0,27	»	»	»	»	120
» » écrasée..	2,06	2,04	»	»	»	120
Petit bec Auer.............	0,74	1,41	1,56	1,22	0,61	50
Bec papillon...............	$<$0,15	0,3	»	»	$<$0,16	120
Gros bec Auer..............	0,74	»	»	»	»	110
» *sans manchon*.	0,17	»	»	»	0,21	110

Les gaz synthétiques n° III et n° IV furent constitués par les mélanges suivants :

	N° III.	N° IV.
Méthane...........................	25	50
Hydrogène.........................	50	50
Éthylène..........................	25	néant

L'examen des nombres de ce Tableau fait ressortir les points suivants :

1° La production de l'oxyde de carbone résulte principalement du refroidissement brusque de la flamme ;

2° Pour un appareil donné et une utilisation déterminée, la richesse en oxyde de carbone du gaz d'alimentation est sensiblement sans influence sur celle des produits de combustion ;

3° Contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, le bec Auer produit de fortes quantités d'oxyde de carbone; il semble que cette production doive être attribuée à la présence du manchon ;

La production horaire de CO de certains appareils usuels est suffisam-

ment importante pour qu'il y ait lieu de se préoccuper d'améliorer leur régime de combustion.

D'autre part, à titre de comparaison, nous avons évalué quel pouvait être le coefficient de fuite moyen d'une conduite de ville. A cet effet, nous avons expérimenté sur une canalisation intérieure en assez mauvais état, possédant 11 robinets et 1 clé de barrage. La perte horaire globale a été trouvée de $2^{l},5$ pour une pression du gaz de 24^{mm} d'eau (pression actuelle) et de $4^{l},6$ pour une pression de 42^{mm}. Par conséquent, par robinet, cette perte ressort, en moyenne, à $0^{l},22$. Avec un gaz présentant une teneur de 20 pour 100 en oxyde de carbone (gaz contenant environ $\frac{1}{3}$ de gaz à l'eau) la quantité horaire d'oxyde de carbone déversée dans l'atmosphère est donc de $0^{l},04$. Elle est bien inférieure à celle qu'aurait produit, dans le même temps, un petit fourneau du genre de celui utilisé dans nos expériences ($2^{l},5$), soit même un petit bec Auer ($0^{l},35$).

De ces premiers essais, il y a donc lieu de retenir que le fonctionnement de certains appareils, d'emploi courant, alimentés au gaz, même totalement désoxycarboné, donne naissance à des quantités d'oxyde de carbone notablement supérieures à celles qui pourraient résulter des fuites d'une canalisation normale.

Cette constatation implique la nécessité d'étudier une amélioration des conditions de fonctionnement des divers appareils à gaz usuels en vue de réduire au minimum la proportion d'oxyde de carbone dans les produits de combustion. Ce résultat intéresse à la fois la protection de l'hygiène et l'augmentation calorifique des appareils en question.

GÉOLOGIE. — *Corrélations entre les terrasses quaternaires, les récurrences glaciaires et les mouvements ascensionnels de l'écorce terrestre.* Note de M. **Zeil**, présentée par M. Douvillé.

Le niveau de la mer partage actuellement la surface de l'écorce terrestre en deux parties distinctes : d'une part, le substratum continental et, d'autre part, le substratum marin. Celui-là l'emportant en altitude sur celui-ci, les agents atmosphériques et la gravité travaillent sans cesse à diminuer la dénivellation qui sépare leurs surfaces réciproques. Si la lithosphère était définitivement stable, du fait de cette diminution, nous verrions peu à peu le substratum continental *s'user, s'abaisser et se décharger* (érosion), et le substratum marin *se combler, s'élever et se surcharger* (alluvionnement). La lithosphère et même l'hydrosphère tendraient dans ce cas à la forme ellip-

soïdale. S'il en était ainsi, nous verrions actuellement la mer gagner sans cesse sur les continents, et sa périphérie abandonner sur ses rives successives des « fronts de mer », ou terrasses marines, *qui seraient d'autant plus élevées qu'elles seraient plus récentes*.

Or l'étude des terrasses quaternaires, qu'elles soient marines ou fluviales, montre *qu'elles sont d'autant plus élevées qu'elles sont plus anciennes*. Cette constatation impose donc l'instabilité de la lithosphère. D'autre part, l'étude de la nappe de remblaiement qui sépare deux terrasses consécutives impose à son tour une phase de stabilité, pendant laquelle le substratum marin se comble aux dépens du substratum continental. La succession chronologique nappe-terrasse correspond donc à la succession stabilité-instabilité.

Ceci admis, il était logique de rechercher si les variations de masse de la lithosphère provenant de l'érosion et de l'alluvionnement ne jouaient pas un rôle dans cette alternance de stabilité et d'instabilité de la lithosphère. Cette recherche nous a conduit à la solution suivante que la discussion des anomalies de la pesanteur viendra confirmer d'autre part.

Pendant la phase de remblaiement, le substratum marin se comble, s'élève et se surcharge peu à peu, alors que le substratum continental s'use, s'abaisse et se décharge. Avec l'apport des matériaux alluvionnaires, le volume marin se déplace, son niveau s'élève; *la mer déborde du vase qui la contient*. De ce fait, elle élève le niveau d'arrivée des fleuves, dont le courant diminue, et dont le lit se colmate plus ou moins d'alluvions fluviatiles qui formeront la nappe de remblaiement des auteurs. D'autre part, l'usure des hauts sommets continentaux et l'élévation du niveau marin, diminuant l'altitude géographique de ces sommets, nous verrons leur température moyenne augmenter, et les glaciers qui les recouvraient diminuer d'étendue ou même disparaître. C'est la phase interglaciaire des géologues.

Mais bientôt, la surcharge du substratum marin et la décharge du substratum continental l'emportant sur la cohésion tangentielle due à la sphéricité de l'écorce, nous verrons alors, plus ou moins brusquement, le substratum marin s'abaisser et le substratum continental s'élever. D'où les mouvements épirogéniques depuis longtemps signalés par les géographes et les géologues.

De ces mouvements ascensionnels antagonistes, il résulte que la mer, qui fait corps avec son support, va s'abaisser avec lui, en abandonnant sur les bords des continents soulevés des laisses de mer, ou terrasses marines, *dont l'altitude géographique nouvelle sera égale à la somme des deux ascensions antagonistes*.

Après ce rééquilibre, les fleuves soulevés par rapport au niveau marin

abaissé, vont présenter des *embouchures suspendues* et vont, sous forme de torrent, *surcreuser leur lit d'aval en amont;* peu à peu, ils s'enfonceront dans la nappe de remblaiement récemment déposée, et laisseront de part et d'autre de leur lit des résidus de nappes, ou terrasses fluviales, qui se raccorderont avec les terrasses marines abandonnées par la mer descendue. Enfin, les hauts sommets continentaux, surélevés par rapport au nouveau niveau marin, verront diminuer leur température moyenne et se couvriront plus ou moins de glaciers; c'est la phase d'extension glaciaire des géologues.

Avec l'achèvement du rééquilibre, ou mieux du réajustement, se produit *le maximum de rajeunissement du relief*, auquel succède immédiatement le début de la phase de stabilité suivante, ou mieux la phase de faux-équilibre. *C'est donc par une succession de réajustements séparés par des phases de faux-équilibre qu'évolue lentement l'écorce terrestre.*

Avec de nombreux auteurs, il faut admettre qu'actuellement le niveau marin s'élève et que la température moyenne de la terre augmente séculairement; c'est dire que la terre est en phase de faux-équilibre. C'est dire également que son substratum continental déchargé *ne pèse pas assez* par rapport à l'altitude qu'il possède, et qu'inversement son substratum marin *pèse trop*, par rapport à son altitude effective. Nous dirons que le premier est *sousimposé* et que le second est *surimposé*.

Cette manière de voir est confirmée par les mesures de la pesanteur qui ont été faites, tant sur mer que sur terre; on sait, en effet, que la gravité présente un excès sur les mers alors qu'elle est en défaut sur les continents. Dans un avenir prochain, quand le réajustement futur se produira, les géodésiens de l'avenir, si toutefois ils existent encore, constateront tant sur terre que sur mer l'uniformité de la gravité.

Quels que soient la nature et l'état dans lesquels se trouve la couche sous-jacente à la lithosphère, les divers voussoirs de celle-ci sont donc en équilibre ascensionnel par rapport au point géocentrique. Cet équilibre est tour à tour modifié et rétabli. Sa modification, *d'ordre externe*, est produite par les variations de poids des divers voussoirs, liées elles-mêmes à la dénivellation séparant deux voussoirs contigus, alors que son rétablissement, *d'ordre interne*, semble devoir obéir à la pression exercée par la couche sous-jacente à la lithosphère.

Cette façon de concevoir les variations de l'équilibre lithosphérique ouvre des horizons nouveaux sur de nombreuses questions à la fois géologiques et astrophysiques que nous comptons exposer et publier ultérieurement.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte du Crétacé et de l'Éocène inférieur et leur extension en Albanie moyenne et méridionale.* Note de M. **Jacques Bourcart**, présentée par M. Douvillé.

Au cours de l'année 1919, je me suis efforcé de pousser le plus possible à l'Ouest l'exploration géologique de l'Albanie, que j'avais entreprise en 1917 et 1918, particulièrement dans la région jusqu'ici inconnue qui se trouve entre la plaine de Koritza et le massif du Tomor qui domine Berat.

Jusqu'au mois d'octobre dernier, je n'avais pu explorer que le côté Est de l'Ostrovica, portion la plus élevée des chaînes dinariques à l'est du Tomor. Au mois d'octobre, des circonstances favorables m'ont permis de parcourir la vallée de la Tomorica qui sépare le massif du Tomor de celui de l'Ostrovica, région d'un accès très difficile. Les couches les plus anciennes que j'ai reconnues appartiennent au Crétacé : ce sont des calcaires dolomitiques ou des marbres blancs, contenant quelques Rudistes. Les niveaux inférieurs paraissent représenter le Turonien, et les niveaux supérieurs le Maëstrichtien. Très rarement, ces calcaires deviennent marneux et contiennent alors en grande abondance, comme sur la route de Moschopole, des Rudistes et divers autres mollusques, *Actaeonella*, *Nerinea*, *Alectryonia*. Ce niveau me paraît représenter le Turonien. Le Crétacé est toujours très plissé et fournit rarement de bonnes coupes; la partie supérieure des plateaux crétacés est sculptée par l'érosion qui y forme des ponors, entonnoirs de dissolution, dolines; les pentes sont déchiquetées par des lapiez. Ces formes sont tout à fait analogues à celles du Karst. Le Crétacé forme une bande continue de direction NW-SE qui va de la Jablanica, sur la rive ouest du lac d'Okrida, par le Mali Sate entre les deux lacs, les montagnes entre Prespa et Kastoria, jusqu'à l'extrémité du V de la Vistrica en Macédoine. Les calcaires du pourtour du lac d'Ostrovo, et même ceux de Salonique, contiennent les mêmes Rudistes, offrent le même faciès et sont toujours plissés en direction NNW-SSE.

Dans toutes ces régions, ces calcaires sont toujours en contact à la base avec des serpentines contenant de l'olivine, résultant de l'altération de péridotites. Au contact des serpentines, les calcaires passent à des cornéennes rouges extrêmement dures, région des points d'eau et des gîtes minéraux du pays.

Plus à l'Ouest, soit dans la chaîne axiale qui va du Skumbi à l'Ossum, soit dans le massif du Tomor, les calcaires crétacés supportent une puissante

série de psammites verts et roses, à grains très fins, de grès très durs à cloisons de calcite, contenant des lits de jaspe et de silex.

Dans la partie supérieure des plus hautes montagnes : Ostrovica (de 2260^{m} à 2370^{m}), Bofnia (2000^{m}), Vrca sur la rive Est du bas Devoli, Gora Top au-dessus du haut Skumbi, ils sont surmontés de brèches composées de fragments anguleux de *Lithothamnium* et de très nombreux Foraminifères. M. H. Douvillé y a reconnu : *Operculina canalifera*, *Num. pustulosus*, *Num. Murchisoni-Heeri*, *Assilina granulosa*, *Alveolina* sp., *Flosculina* sp.

Cette faune, caractéristique de l'Eocène inférieur, est celle décrite par Stache, dans son Mémoire sur « Die Liburnische Stufe », comme constituant un terme de passage entre le Crétacé supérieur et l'Éocène; elle correspondrait à l'étage Lybique que Zittel a fait pour les couches inférieures à celles du Mokattam, en Égypte. Ces brèches supportent une puissante série de schistes à empreintes de Fucoïdes, qui sont traversés régulièrement tous les mètres par de minces lits d'un grès siliceux très dur; l'ensemble est analogue au macigno italien.

Sur ces schistes repose en discordance angulaire un conglomérat à *Natica Picteti*, *Cerithium Diaboli*, *Turritella imbricataria*, var., contenant une très riche faune de Polypiers et représentant les couches de Priabona. J'ai pu constater récemment que les couches nummulitiques de l'Ostrovica se continuent au-dessus d'Ersek, dans la partie la plus septentrionale de la chaîne du Pinde, et d'autre part dans la montagne qui domine Argyrokastro, et le long de la nouvelle route Argyrokastro-Valona.

L'existence du Crétacé et de l'Éocène, en Albanie moyenne et méridionale, n'avait pas encore été signalée; ces observations permettent, d'autre part, d'assigner un âge éocène au Flysch du Pinde, objet de discussions entre Philippson et Hilber, qui n'est que la continuation de celui d'Albanie.

GÉOLOGIE. — *Sur la reconstitution d'une longue dépression lacustre qui a occupé, durant l'Oligocène, l'emplacement du grand chenal houiller du Massif Central.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Les importants mouvements, qui, durant l'Oligocène, commencèrent la transformation du Plateau Central en Massif Central, furent provoqués par lee plissements et charriages alpins qui, d'après MM. Termier, Kilian, Boussac, etc., sont de cette époque.

Ils donnèrent naissance, dans une notable partie du Massif, à des cuvettes et à de longues dépressions synclinales dont les principales sont jalonnées aujourd'hui par les vallées de la Loire et de l'Allier.

J'ai signalé, à maintes reprises, l'existence d'une autre grande dépression située plus à l'Ouest que les précédentes, sur l'emplacement du chenal houiller, qui fut la dernière, dans cette direction, où les ondes alpines firent sentir leur influence. Des recherches récentes me permettent de préciser l'état de cette question, qui n'avait pas encore été envisagée.

La dépression précitée s'étendait sur l'ancien chenal, depuis Pontaumur (Puy-de-Dôme), Bort (Corrèze), Mauriac jusqu'à Miécaze (Cantal), près d'Aurillac et se reliait : d'une part, au Nord, avec la Limagne, vraisemblablement par Ébreuil (Allier), sur l'emplacement de la vallée de la Sioule ; d'autre part, avec celle qui couvrait les environs d'Aurillac et Mur-de-Barrez (Aveyron) et peut-être avec la cuvette de Maurs (Cantal). J'ai essayé de reconstituer ce territoire lacustre qui, sur près de 80 kilomètres, depuis Pontaumur jusqu'à Mauriac, se résout en une longue traînée morcelée de dépôts, dominés, à l'Ouest par les contreforts des Millevaches et leur prolongement méridional, à l'Est par les hauteurs granitiques de Prondines et les régions volcaniques des Monts Dore et du Cantal. Topographiquement, cette traînée de lambeaux oligocènes (¹), de 8^{km} à 12^{km} de large, forme de *molles ondulations*, peu disséquées, drainées au Nord par le Sioulet et la Soule, au Sud par la Dordogne et ses affluents de droite : le Chavanon, le Dognon, le Lys, la Diège, etc. Lorsque les depôts oligocènes ont disparu entièrement, c'est un paysage aplani qui apparaît ; c'est la *pénéplaine antéoligocène* constituant une dépression NNE à grand rayon de courbure, dont l'axe était un peu à l'ouest de la dislocation houillère. Il est possible que les dépôts se soient étendus encore plus à l'Ouest, dans la direction d'Ussel, où ils seraient aujourd'hui complètement enlevés par l'érosion.

Le *réseau hydrographique* s'est *enfoncé au-dessous* de cette région sédimentaire, dans le substratum cristallin avec le collecteur commun la Dordogne, qui coule à plus de 200^{m} de la base de l'ancienne dépression.

Bien que le granite et l'archéen soient relativement imperméables et humides, l'Oligocène est encore plus argileux, plus humide, moins cultivé et boisé, et à faible densité humaine.

Au point de vue *géologique*, les lambeaux oligocènes sont presque tous

(¹) Plusieurs lambeaux ont été figurés par M. de Launay, sur la feuille géologique *Ussel*.

situés à l'ouest de la traînée houillère, que culmine à l'Est une région archéogranitique surélevée, sur laquelle l'érosion pluviale, fluviale et glaciaire a exercé une action si énergique que l'Oligocène a presque entièrement disparu.

La base de cette formation est à 600^m à Sainte-Marie-la-Panouse, à 625^m sous la colline phonolitique de Bort, à 680^m vers Liginiac, à 750^m près de Thalamy, à 728^m à Eygurande, à 780^m à Herment et à Voingt, et redescend à 670^m à Puy-Saint-Gulmier.

Les dépôts du synclinal ont été *disloqués postérieurement* au Mio-Pliocène, ainsi qu'on l'observe à Bort et à Puy-Saint-Gulmier. Ils ont une *épaisseur* variable : de quelques mètres à 30^m quand ils ne sont pas protégés par un revêtement volcanique. Là où ce dernier existe, l'épaisseur de l'Oligocène dépasse 60^m à Bort et à Puy-Saint-Gulmier et elle a dû atteindre une centaine de mètres dans l'axe de l'ancienne dépression.

Leur *composition* est assez uniforme : ce sont des sédiments détritiques argilo-sableux, avec argile parfois dominante, gris, blancs ou ferrugineux, renfermant de nombreux blocs de quartz peu ou pas roulés, de taille variable. Des poudingues et des argiles ferrugineuses existent souvent à la base et, à Bort, ils renferment des rognons de calcaire en choux-fleur.

L'Oligocène recouvrait la bande de terrain houiller de Champagnac, où l'on ne trouve plus que de faibles témoins, se reliant à ceux de Mauriac, étudiés jadis par Rames et Fouqué, dans lesquels M. Boule a signalé des cristaux de gypse et à ceux d'Aurillac où les trois sous-étages de l'Oligocène sont représentés par des argiles sableuses, des marnes et des calcaires fossilifères.

En l'absence de fossiles, il est difficile de déterminer à quel niveau précis appartiennent les dépôts du synclinal, mais on peut affirmer qu'ils représentent les restes, sauf en de rares points (comme Sainte-Marie-la-Panouse) d'une vaste formation *lacustre oligocène* d'une superficie de plus de 1000^{km^2}.

Cette formation s'est accumulée, dans une grande partie de son étendue, sur l'ancienne zone du Massif Central, qui fut un *grand chenal houiller*, beaucoup plus large que les restes actuels ne l'indiquent, car il a été généralement plissé, disloqué au Permo-Trias, avec parfois de véritables plis couchés dans le Houiller et des veines éruptives dans le Dinantien et le Stéphanien.

Il y eut une *répétition affaiblie des mêmes phénomènes* durant le Tertiaire, sur *ce même territoire*, car le synclinal oligocène remblayé fut disloqué au

Mio-Pliocène, et redevint de nouveau en partie volcanique à la faveur de ces mouvements.

L'histoire de cette zone, qui joue un grand rôle au point de vue géologique et géographique dans le Massif Central, est donc particulièrement instructive.

GÉOLOGIE. — *Récurrences glaciaires postérieures au Néowürmien dans les massifs de l'Aiguille de Polset (Tarentaise), du Mont-Thabor et de l'Aiguille de Scolette (Maurienne).* Note (¹) de M. **Ch. Pussenot**, transmise par M. Kilian.

L'exploration attentive des massifs de l'Aiguille de Polset, du Mont-Thabor et de l'Aiguille de Scolette, m'ont permis d'y reconnaître plusieurs formations glaciaires ainsi que les récurrences et les stades de retrait auxquels elles se rapportent.

La PREMIÈRE DE CES FORMATIONS, qui est aussi la plus ancienne, comprend de très nombreux et importants dépôts où la boue glaciaire domine et parmi lesquelles il convient de citer, en Maurienne :

A Beaune (vallée des Encombres), un remarquable complexe glaciaire ;

Au-dessus de Bramans, *sur la rive gauche* du torrent d'Ambin, des moraines à galets striés ;

Sur le versant gauche de la vallée de l'Arc, à Solliet, à la Repose, etc., d'énormes terrasses étagées, d'origine glaciaire, au nombre de trois au plus ;

En *aval* du Charmaix, des boues à galets également striés ;

A *l'entrée* de la vallée de Valmeinier, une *cuvette terminale*, et sur chacun des versants, des placages glaciaires étendus, prolongés à l'amont par des lobes morainiques quelquefois étagés auxquels succèdent, vers Notre-Dame des Neiges, les moraines de fond du bassin d'alimentation du glacier principal ;

Près de Saint-Martin-d'Arc, une très importante *moraine terminale édifiée sur le bord de la rivière par un glacier qui occupait la dépression voisine*, attestant par sa régularité et par sa position qu'elle a été formée à un moment où *la vallée était libre de glaces* et, par la raideur de son talus extérieur (en avant duquel on ne découvre ni amas ni bourrelet morainiques) qu'elle résulte d'une *poussée glaciaire* plutôt que d'un *stade de retrait*.

En Tarentaise :

A Brides-les-Bains, un *complexe* dû aux apports de deux glaciers dont l'un occupait les pentes septentrionales du Rocher de la Loze et l'autre la vallée des Allues ;

(¹) Séance du 8 décembre 1919.

Dans cette même vallée, comblant la partie inférieure des dépressions qui accidentent les versants, des *amas* étagés qui représentent les moraines terminales des glaciers ayant séjourné dans ces dépressions, et celles de leurs stades de retrait ;

Près de Bozel, à La Chenal, *la cuvette terminale* d'un glacier qui descendait du Mont Jovet ;

Entre Bozel et Le Villard de Pralognan, sur la rive droite du Doron, une *moraine* partiellement détruite, édifiée par un glacier qui cheminait sur la pente septentrionale de la Dent du Villard et franchissait le torrent. Elle montre par sa *position* qu'elle est l'œuvre d'une récurrence de ce glacier, survenue à un moment où la vallée du Doron n'était *pas encombrée* par les glaces.

L'examen de ces dépôts fait ressortir :

1° Que la formation est due à une *récurrence*, suivie d'un retrait comportant deux ou trois stades ;

2° Que cette récurrence a atteint le *fond des vallées* du Doron et de l'Arc sur quelques points seulement;

3° Qu'au moment où elle s'est produite, les vallées précédentes étaient libres de glace. C'est donc plus à l'amont qu'il faut chercher les *moraines terminales de leur glacier*. Le niveau moyen des moraines de l'entrée des vallées indique pour la première Pralognan et pour la seconde Sollières, c'est-à-dire que la formation correspond au stade de Termignon de MM. Kilian et Révil [1] et probablement au stade de Gschnitz de MM. Penck et Brückner.

La DEUXIÈME FORMATION est constituée par des dépôts dans lesquels les blocs l'emportent sur la boue. Cette composition lui donne un aspect particulier qui attire l'attention.

Dans la vallée des Allues, à Chandon, dans celle de Valmeinier, aux Vallons, dans celle de l'Arc, à la Repose, à Solliet, ces dépôts surmontent les amas morainiques de la *première formation ;* dans le massif de l'Aiguille de Scolette, à Bramanette, au col Pelouze, ils constituent un énorme bourrelet au bas du versant le moins abrupt; dans le massif de l'Aiguille de Polset, au Rocher de la Loze, à Péclet, au Bouchet, près des chalets de Polset, etc., et dans le massif du Mont-Thabor, au Lavoir, aux Marches, aux Barmettes, ils se présentent sous la forme de moraines en *vallum*, individualisées jusqu'aux flancs des dépressions qui ont encaissé ou qui encaissent encore des glaciers, se montrent comme *posées* sur les moraines de fond et les rochers polis des bassins d'alimentation glaciaires de la formation précédente et apparaissant aux regards comme de gigantesques guirlandes qui ornementent le pourtour

---

[1] Pour ce stade et les suivants des mêmes auteurs, voir *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 30.

des hautes chaînes; enfin, près des chalets du Fruit, aux Vallons (Valmeinier), aux Mottes, édifiés par des glaciers qui descendaient des versants, ils barrent des vallées dont le fond a été incontestablement raboté par les glaces.

Cette formation doit donc être regardée comme le résultat d'une *récurrence*. On la retrouve dans le Briançonnais. D'autre part, l'altitude moyenne des cuvettes terminales est de 2000^{m}. Elle se place par conséquent au niveau du stade du Plateau de Brandes (Grandes-Rousses) de M. Jacob (1) et du stade de la Magdeleine et de Bessans de MM. Kilian et Révil auquel elle correspond d'ailleurs par sa position relative et qui est lui-même probablement l'équivalent du stade de Daun de MM. Penck et Brückner.

La TROISIÈME FORMATION est représentée par des moraines composées uniquement de pierraille et de blocs.

Dans la vallée de Valmeinier, du Mont-Thabor, à Péclet, au Bouchet, ces moraines sont encadrées par celles de la formation précédente. Elles les recouvrent nettement au col de la Loze et près des chalets Borgin (Allues), au mont Brequin, près du lac de la Partie, aux Mottes. Cette *superposition* apparaît comme la conséquence d'une *récurrence glaciaire*. Enfin, on les trouve rarement au-dessous de 2400^{m}.

En raison de leur élévation et de leur position relative, il convient de les ranger au niveau de celles du stade des Petites-Rousses de M. Jacob.

Dans la QUATRIÈME FORMATION, mentionnée simplement ici pour mémoire, entrent les moraines édifiées actuellement.

Leurs éléments avancés correspondent peut-être au *stade du Glacier des Rousses* de M. Jacob.

Deux conclusions sont à tirer de cette étude : la première est que cette *succession de formations glaciaires*, reconnue sur une étendue aussi considérable et déjà partiellement distinguée dans la haute vallée de l'Arc par M. Kilian et dans le Massif des Grandes-Rousses par M. Jacob, doit se retrouver dans toutes les autres régions des Alpes de la Savoie et du Dauphiné; la seconde que, postérieurement au Néowürmien et même au stade de Chamousset (Kilian) (probablement stade de Bühl de MM. Penck et Brückner), et antérieurement à l'extension actuelle des glaciers (quatrième formation ci-dessus), il y a eu *trois récurrences*. Rapprochées de celles qui leur sont antérieures, elles montrent que le retrait des glaciers, après leur plus

(1) Pour ce stade et les suivants du même auteur, *voir* Ministère de l'Agriculture, *Études glaciologiques. Massif des Grandes-Rousses*, 1909.

grande extension, ne s'est pas effectué par étapes successives, comme on pourrait le croire, mais qu'il a été marqué par de véritables *retours offensifs* (récurrences) d'amplitude décroissante.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des tufs à ossements humains du Villard de Bozel (Savoie)*. Note (¹) de MM. **W. Kilian** et **Ch. Pussenot.**

L'un de nous a signalé en 1908 (²) la présence près du Villard de Bozel (Savoie), au lieu dit la « Côte », de tufs dans lesquels il a été découvert en 1908 un crâne humain de type archaïque qui a fait l'objet d'une étude complète de M. Müller et du regretté Dr Bordier (³). M. Müller a publié d'ailleurs une étude intéressante du gisement. Des explorations détaillées nous permettent aujourd'hui de préciser l'âge de ces intéressants dépôts par rapport aux dernières *récurrences* des glaciers alpins.

Non loin du Villard de Bozel, une carrière a été ouverte dans des tufs calcaires dans lesquels ont été rencontrés une petite faunule malacologique, des ossements de cerf, un crâne humain et des débris végétaux. L'intérêt qu'il y a à fixer exactement l'âge de ces curieux dépôts est considérable en raison des restes humains qu'ils renferment.

Une étude attentive des lieux nous permet de donner sur ce gisement les indications suivantes :

Les tufs du Villard de Bozel occupent l'ancien thalweg d'un torrent, affluent de droite du Doron de Champagny et creusé, à côté de ce dernier et près de son confluent avec le Doron de Bozel, dans les grès permo-houillers. Cette gorge est d'ailleurs parallèle au tronçon inférieur du Doron de Champagny.

Le torrent, devenu très insignifiant, existe encore actuellement et forme une petite cascade dans la carrière de tufs. L'examen de cette carrière permet de constater *sous* les tufs et au contact des grès houillers l'existence d'une mince couche de cailloutis (quartzites du Trias, schistes permiens, etc.), probablement torrentiels (nous n'avons pu y découvrir aucun caillou nettement strié qui puisse permettre d'affirmer leur origine glaciaire).

Les tufs eux-mêmes, en assises épaisses, contiennent des restes de végétaux et çà et là des fragments de bois carbonisés paraissant provenir d'*anciens foyers*. Par places, la structure concrétionnée et vacuolaire de la roche est très nette.

La formation tuffacée est recouverte d'une mince couche de cailloutis qui ne paraissent pas être d'origine glaciaire.

(¹) Séance du 8 décembre 1919.

(²) *Association française pour l'Avancement des Sciences*, 38e Session. Lille 1909, p. 808 (dans un Mémoire de M. Müller).

(³) *Ibid.* Voir aussi *Bulletin de la Société dauphinoise d'Ethnologie*, Grenoble.

L'*âge* de ces tufs — dont la faunule malacologique, étudiée par M. Coutagne, ne donne, bien qu'elle soit légèrement différente de la faunule actuelle de Bozel, aucune indication concluante — peut être néanmoins établi, grâce aux considérations suivantes :

1° Les tufs du Villard sont *nécessairement* postérieurs au creusement du petit thalweg torrentiel dont ils représentent le remplissage, et qui a été, par suite d'un phénomène d'épigénie, remplacé depuis par le tronçon inférieur du doron de Champagny, près de son confluent avec le doron de Bozel.

2° L'examen attentif de ce petit thalweg montre en outre très nettement qu'il résulte lui-même d'une érosion *postérieure au dernier creusement* de la vallée principale (doron de Bozel, gorges de Ballandaz), avec le fond de laquelle il se raccorde parfaitement et de plain-pied (hameau du Villard).

3° Le dernier creusement de la vallée principale date lui-même d'une des dernières avancées glaciaires (stade de Gschnitz) ou d'une phase interstadiaire immédiatement antérieure à cette dernière, et en tous cas *bien postérieure au maximum de la glaciation würmienne*.

4° Or les tufs du Villard, postérieurs à ce dernier creusement de la vallée principale et même à la formation des thalwegs postérieurs à ce surcreusement, ne peuvent correspondre qu'à une époque où les moraines frontales ne pouvaient stationner qu'à Pralognan ou plus à l'Est encore, et en tous cas *en amont* des gorges de Ballandaz.

La petite gorge, maintenant remplie de tufs, ayant en effet nettement *entamé* la paroi rocheuse due au *dernier creusement* de la vallée du Doron, creusement qui a produit les gorges de Ballandaz, ainsi que l'ancienne « auge » glaciaire antérieure elle-même au creusement de ces gorges, ne *peut être* que plus récente que l'un des derniers stades de la dernière glaciation ; les restes humains contenus dans ces tufs appartiennent donc *à la fin de la période quaternaire*, c'est-à-dire à une époque beaucoup plus récente que celle qui correspond au Moustiérien, d'après la majorité des auteurs, et même au *Solutréen* et au Magdalénien d'après certains d'entre eux.

Les considérations suivantes, résultant d'une nouvelle et récente visite des lieux, permettent de préciser encore la date de formation des tufs du Villard.

La petite gorge actuellement comblée par les tufs et nécessairement antérieure à ces derniers est *postérieure* à une récurrence glaciaire dont les moraines atteignent la vallée du Doron de Bozel en aval et ont laissé une série de replats ou « banquettes » glaciaires suspendues au-dessus du thalweg

actuel dans la vallée de Champagny et notamment près de l'église de ce village.

A ce moment, cette gorge recevait des eaux abondantes issues du massif calcaire et gypseux du Mont de la Guerre et de la Grande Forclaz.

A partir de l'époque d'une *nouvelle récurrence glaciaire*, *plus récente encore*, et dont les vallums morainiques, très nettement caractérisés, supportent la partie nord-est du village de Champagny, l'écoulement des eaux s'effectua presque exclusivement par la gorge actuelle du Doron et le tronçon de vallée rempli de tufs resta isolé et ne recevant plus qu'un ruisseau insignifiant qui subsiste encore et sort du pied des moraines récentes sus-mentionnées.

On voit ainsi *que la topographie actuelle*, déterminée par la dernière « poussée » glaciaire, *est incompatible avec les conditions de formation des tufs;* cette dernière ne peut être expliquée que par un état de choses qui correspond à l'*avant-dernière récurrence glaciaire*, et dont les restes manifestes ont été conservés dans la morphologie de la région.

Les deux *récurrences* glaciaires dites [aussi « post-glaciaires », car elles sont postérieures non seulement aux glaciations würmienne et *néowürmienne*, mais aussi au stade de retrait probablement contemporain du dernier surcreusement de la vallée principale (Doron de Bozel)], dans l'*intervalle desquelles se place la formation des tufs* du Villard de Bozel à ossements humains et bois de Cerf (1) ne sont d'ailleurs pas de simples « stades de retrait » mais de véritables retours *offensifs* des appareils glaciaires; elles sont elles-mêmes, ainsi que l'a montré M. Ch. Pussenot (2), postérieures à la glaciation néowürmienne (W. Kilian) et même au « Stade de Bühl » de M. Penck. La dernière d'entre elles correspond sans doute à la « deuxième formation glaciaire » de M. Pussenot et au « stade de Bessans » (vallée de l'Arc) (3) (*Stade de Daun*, de Penck); elles ont pu être reconnues dans la plupart des massifs de nos Alpes françaises. Les faits que nous venons d'indiquer montrent en outre que l'une d'elles au moins remonte à une époque que l'existence dans nos Alpes du Cerf et la *persistance* d'un type anthropologique archaïque rappelant les crânes paléolithiques rend particulièrement intéressante.

---

(1) Le cerf n'existe plus dans la région. Voir aussi *La faune malacologique des tufs de Bozel* (*Association française pour l'Avancement des Sciences, loc. cit.*).

(2) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1413, (décembre).

(3) Kilian et Révil, *Comptes rendus*, t. 164, 1917, p. 30.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la vitesse du vent dans la stratosphère.* Note de M. CH. MAURAIN, présentée par M. J. Violle.

Dans une Note récente [1], j'ai donné les vitesses moyennes du vent à des altitudes allant de 500^m à 19000^m déduites de 198 ascensions de ballons-sondes ayant dépassé 10000^m, comprises pour la plupart dans les publications de la Commission internationale pour l'aérostation scientifique. Ces vitesses présentent un maximum très net ($15^m,57$ par seconde) correspondant à une altitude d'environ 11000^m, c'est-à-dire approximativement à la limite de la stratosphère.

J'ai fait remarquer, naturellement, que les déterminations utilisées correspondent à des conditions assez spéciales, celles qui permettent de suivre un sondage jusqu'à ces grandes hauteurs.

M. Rouch m'a fait observer qu'il y aurait intérêt à dresser un tableau analogue des vitesses moyennes portant seulement sur des sondages ayant dépassé nettement la limite de la stratosphère, par exemple ayant été suivis jusqu'au-dessus de 15000^m. Un tel tableau portera sur des types de temps encore plus spéciaux que ceux correspondant au tableau que j'avais établi, et ainsi plus comparables. J'ai dressé ce tableau en prenant, parmi les 198 ascensions que j'avais utilisées, les 55 ayant dépassé 15000^m [2]. Voici les moyennes des valeurs de la vitesse du vent aux différentes altitudes :

Altitude (mètres)..........	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
Vitesses moyennes (m : sec).	5,20	6,01	6,63	7,40	8,18	9,04	9,57	10,65	11,53	12,71
Altitude (mètres)..........	10000	11000	12000	13000	14000	15000	16000	17000	18000	19000
Vitesses moyennes (m : sec).	14,02	14,55	13,17	12,13	10,88	10,05	9,44	9,36	8,12	8,04

Ce tableau donne bien, comme celui que j'avais d'abord dressé, un maximum de la moyenne des vitesses pour une altitude d'environ 11000^m, *c'est-à-dire voisine de la limite de la stratosphère;* les valeurs sont un peu plus faibles que celles du premier, ce qui s'explique facilement : le second tableau concerne seulement celles des ascensions qu'on a pu suivre jusqu'aux altitudes les plus grandes; cette observation prolongée a été généralement

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 79.

[2] Dans la Note citée, une faute d'impression a fait donner 75 au lieu du chiffre exact 55 pour le nombre des déterminations correspondant à 15000^m.

rendue possible par un écart latéral plus faible du ballon-sonde, c'est-à-dire par une vitesse moindre du vent.

MÉTÉOROLOGIE. — *Remarques sur les chutes de neige.* Note de MM. **Stapfer** et **Moleski**, présentée par M. J. Violle.

Les chutes de neige du mois de novembre dernier nous ont apporté une confirmation de certaines remarques que nous avions faites depuis plusieurs hivers, au sujet des situations atmosphériques qui provoquent ces précipitations.

Rappelons tout d'abord que l'action du vent sur la température, l'humidité, la nébulosité, les précipitations en un point déterminé, dépend moins de la direction du vent observée en un point, que du parcours effectué par les courants aériens avant d'atteindre ce point. Par exemple, lorsque les vents sont animés d'un mouvement tourbillonnaire autour d'un minimum barométrique, des masses d'air, arrivant de la zone glaciale du Nord, peuvent, en l'espace de quelques centaines de kilomètres, former un vent de Sud, avant d'avoir pu se réchauffer et perdre la neige dont elles étaient chargées.

C'est ainsi que, le 3 novembre, nous avons eu à Paris une neige abondante et une température basse (moyenne $0°,3$) par vent de S, tandis que le 5 on observait de la pluie et une température beaucoup plus élevée (moyenne $6°,3$) par vent de NE. L'examen des cartes isobariques suffit pour expliquer cette anomalie apparente : celle du 3 novembre, à 18^h, montre que le vent de S est formé par de l'air qui vient de tourner autour d'un léger minimum secondaire situé sur la Manche, mais qui provient du maximum barométrique de Sibérie; le 5, au contraire, un centre de dépression se trouvant sur le Golfe de Gascogne, l'air constituant notre vent NE arrive en réalité de la Méditerranée.

Ceci posé, les situations atmosphériques favorables aux chutes de neige peuvent, pour la plupart, être classées en deux catégories :

1° *Cas où la neige arrive toute formée des régions froides.* — Ce sont les cas où la circulation atmosphérique nous apporte des masses d'air des régions éloignées du Nord ou du Nord-Est. Certaines situations de ce genre ont été visées par M. Plumandon, qui a déjà signalé comme favorable aux chutes de neige les situations correspondant à un réseau d'isobares sensiblement parallèles aux méridiens.

Cette remarque nous permet d'employer une expression plus générale, en rangeant dans cette catégorie toutes les situations pour lesquelles la présence de fortes pressions au Nord-Ouest (vers l'Islande) et de faibles pressions au Sud-Est (Italie) amène sur la France des masses d'air provenant des régions arctiques.

Un exemple très net de situation atmosphérique de ce genre s'est présenté le 2 novembre, première journée de neige à Paris.

2° *Cas où la neige se forme dans nos régions.* — Ce sont les cas où les courants des différentes hauteurs, provenant de régions très différentes, amènent au contact l'une de l'autre des couches d'air humides de l'Ouest ou du Sud, et des couches froides du Nord ou de l'Est.

Quand nous parlons de couches froides, il est bien entendu que c'est par comparaison avec les couches de même hauteur d'une autre région. Étant donné que la température diminue en général jusqu'à une certaine hauteur, considérons une couche A plus chaude que la couche B située au-dessus d'elle. Elle se refroidira si elle vient au contact d'une autre couche B′ de même altitude que B et plus froide que B. Ces variations de température provoqueront d'ailleurs des mouvements verticaux, qui, en déterminant le mélange des couches d'air considérées, faciliteront le refroidissement de la vapeur d'eau et par suite la formation de la neige.

Un tel phénomène peut se produire notamment pendant la période de transition entre deux régimes barométriques. Lorsque le vent échappe à l'influence d'un minimum qui s'éloigne, pour obéir à l'action d'une dépression qui s'approche, on sait que la rotation ne s'opère pas simultanément à toutes les hauteurs [1], ce qui permet la réalisation des conditions ci-dessus énoncées. Elles peuvent encore se produire lorsque, tout en étant régis par une même dépression, les courants supérieurs, qui sont centrifuges par rapport à cette dépression, et les courants inférieurs, qui ont une composante centripète, amènent les uns de l'air froid, les autres de l'air humide.

C'est ainsi que le 14 novembre à 9^h, alors qu'une dépression envahit le sud-ouest de l'Europe et provoque à Paris un vent ENE amenant de l'air sec et froid de l'Europe centrale, on observe à Montsouris des alto-stratus de WSW, s'éloignant du centre de dépression. A ce moment, il neige

---

(1) On admet généralement qu'elle commence par les couches supérieures et se propage vers le bas. Des recherches que nous poursuivons actuellement nous ont montré que cette règle simple ne se vérifie pas dans tous les cas.

dans le Sud-Ouest et le Centre. La chute de neige se propage vers le Nord-Est, comme la dépression elle-même. Elle commence à Paris à 13^h et continue le lendemain.

Mais à mesure que la dépression s'éloigne vers l'Est, on se trouve peu à peu en présence d'une situation appartenant à la première catégorie énoncée. Le 16, à 7^h, par exemple, la carte isobarique montre que les vents inférieurs proviennent de la région de l'Islande, et que les vents supérieurs paraissent venir du nord de la Russie. La neige qui tombe encore sur le nord de la France arrive donc toute formée, comme dans les cas précédemment étudiés.

D'ailleurs ces premiers cas, qui correspondent à des régimes de vents bien établis, peuvent seuls donner des périodes prolongées de neige. Les seconds, qui correspondent à des périodes de transition, occasionnent des précipitations de moindre durée. L'interprétation que nous en indiquons pourra ultérieurement être vérifiée, lorsque nous disposerons d'une documentation suffisante, résultant de nombreux sondages aérologiques effectués, autant que possible au moment des changements de régime.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la casse bleue des vins.* Note de M. Pierre Carles.

Dans la séance du 7 décembre 1919, M. Piedallu a communiqué une étude sur les vins ayant voyagé dans des wagons-foudres en tôle de fer, vins atteints de la casse connue sous le nom de *casse ferrique*.

Cette casse est connue depuis longtemps déjà; elle a été notamment étudiée en 1900 par MM. Lagatu. L. Roos et Bouffard de Montpellier. Ces auteurs l'ont différenciée de la casse brune des vins rouges, dite *casse diastasique*.

M. Piedallu écrit : « Pratiquement, pour empêcher les vins riches en fer de casser, il suffit de les maintenir en milieu réducteur, en les soutirant simplement dans des fûts bien méchés. Mais il est toujours préférable d'éviter de se servir des récipients en fer non protégé pour manipuler ou conserver les vins. » La connaissance de différents auteurs, ceux déjà nommés et des vulgarisateurs très nombreux, conduit à une autre conclusion.

La casse ferrique ne se combat pas avec l'anhydride sulfureux et si l'on pouvait maintenir, par l'anhydride sulfureux ou tout autre gaz, les vins à

l'abri de l'air, le résultat pratique ne serait pas acquis, puisque tout vin, pour aller à la consommation, doit être manipulé et doit fatalement se trouver en contact avec l'oxygène.

Le traitement réel de cette casse consiste dans l'addition au vin d'un acide organique tel que l'acide tartrique ou l'acide citrique; ce dernier le plus généralement employé. Cet acide engage le fer dans une combinaison sur laquelle le tannin et, par conséquent, les matières colorantes, ont peu d'action. Les quantités d'acide tartrique ou citrique sont variables, suivant l'intensité du mal et l'on procède, pour cela, à un essai préalable en commençant par exemple avec l'acide tartrique à 50^g par hectolitre et en augmentant progressivement jusqu'à 150^g ou 200^g si c'est nécessaire dans certains vins, qui, comme le Jacquez, sont des matières premières. L'acide citrique s'emploie à quantité moindre, puisqu'il a plus d'action que l'acide tartrique.

L'action de l'anhydride sulfureux pour arrêter la casse ferrique est de nul effet au point de vue pratique. Le fait fut d'abord constaté par Bouffard, professeur d'Œnologie à l'École nationale d'Agriculture de Montpellier qui, le premier, a étudié les casses et préconisa l'anhydride sulfureux contre la casse brune ou diastasique.

BIOLOGIE. — *Biologie d'une nouvelle espèce d'Euglène* (Euglena limosa *nov. spec.*). Note de M. **Médéric Gard**, présentée par M. Guignard.

I. Depuis plus d'un an, j'observe aux environs de Bordeaux, sur les vases périodiquement recouvertes par le flux, une *Euglène* qui vit en nombre si considérable d'individus qu'à certains moments de la journée la surface de cette vase, à marée basse, devient entièrement verte sur des étendues plus ou moins vastes, en toutes saisons, mais surtout au printemps.

Elle a, en moyenne, 150^{μ} de long sur 25^{μ} de large; ses dimensions sont d'ailleurs très constantes. Sa forme normale est allongée, cylindrique, arrondie à l'extrémité postérieure, amincie obliquement à l'avant, toujours sans flagellum et pourvue d'un point oculiforme développé et curviligne. Elle offre, le plus souvent, dans la région postérieure du corps, des granulations rougeâtres, dispersées ou réunies en une sorte de stigma, d'un rouge brun, moins distinct que celui de la partie antérieure. Ces granulations peuvent devenir assez nombreuses dans toute la cellule, les unes isolées, d'autres disposées en amas, et cela en particulier sous l'influence de conditions de vie

lentement défavorables. Elle est à peu près entièrement verte, sauf dans la région antérieure, et il existe deux zones plus claires : l'une correspondant à la vacuole principale, l'autre au noyau. L'appareil chlorophyllien, très développé, est formé d'un seul chloroplaste, disposé en un réseau serré et irrégulier avec de nombreux pyrénoïdes tuniqués ([1]). La chlorophylle y est, d'ailleurs, concentrée le long de certaines bandes reliant ces derniers. Les grains de paramylon ont des formes et des dimensions variables; le plus souvent, ce sont de courts bâtonnets ou des corps globuleux. Enfin le noyau est volumineux, en général allongé, parfois arrondi et pourvu d'un gros nucléole.

Elle exécute chaque jour un double mouvement. Une heure environ après le lever du soleil, elle se répand à la surface de la vase, si la marée est basse, et, dans les endroits où les individus sont très nombreux et serrés, prend l'*état palmelloïde*, comparable à un parenchyme assimilateur formé, en coupe, d'éléments polygonaux avec région centrale claire et chlorophylle périphérique. A mesure que l'intensité lumineuse croît, la verdeur de la vase croît aussi, car de nouvelles Euglènes peuvent s'ajouter aux premières et former plusieurs couches superposées. Dans cet état, on ne remarque aucun mouvement interne; la membrane apparaît finement striée, et les individus sont plongés dans un mucus gélatineux peu abondant et sécrété par eux. Il se forme aussi entre eux des filaments segmentés, constituant une sorte de coque, et qui prennent fortement le bleu de méthylène. Ces filaments se rompent facilement.

Lorsque la marée monte, chaque Euglène, reprenant sa forme et ses mouvements, descend dans la vase, en rampant, à une profondeur variable, qui ne dépasse guère 12^{mm}. Comme l'heure de la marée varie chaque jour, la photosynthèse a lieu tantôt le matin, tantôt l'après-midi et même deux fois par jour. L'algue disparaît aussi dans la vase : 1° à l'approche de la nuit ou lorsqu'on la place dans l'obscurité; 2° s'il se met à pleuvoir ou si l'on provoque sur elle une pluie artificielle. Elle ne sort donc pas quand il pleut et ne se montre alors que dans les endroits protégés : bords des rigoles, sous les passerelles, sous les flancs des bateaux échoués sur la vase. Elle vit, d'ailleurs, dans les lieux abrités où, la vase épaisse et régulièrement humectée, mais non affouillée par le flot, est protégée par des pontons, vieux bateaux, gabares abandonnées, et remplis eux-mêmes de boues à Euglènes.

Par ses caractères histologiques, notamment son réseau chlorophyllien et ses nombreux pyrenoïdes tuniqués, par son mode de vie si particulier, elle est bien distincte de toutes les espèces actuellement connues ([2]). Je propose de la nommer *Euglena limosa*. Elle constitue, pour l'étude de la biologie cellulaire, un objet d'observation aussi abondant que facile à se procurer en toute saison et que l'on peut cultiver au laboratoire.

Je n'ai pas encore pu observer la division.

II. Rose Bracher a publié ([3]) cette année un travail intéressant, dont je

---

([1]) En utilisant les méthodes de fixation et de coloration habituelles.

([2]) P.-A. Dangeard, *Recherches sur les Eugléniens* (*Le Botaniste*, 8e série, 1902).

([3]) Rose Bracher, *Observations on Englena deses* (*Annals of Botany*, vol. 33, 1919, n° 129).

n'ai eu connaissance que récemment, sur une Euglène qui vit dans les vases de l'Avon, et qui, d'après les croquis de l'auteur et le mode de vie, paraît bien identique à celle des vases de la Garonne. Elle a surtout étudié l'action de la température, de la lumière et de l'oxygène et elle l'identifie à l'*Euglena deses* Ehrenberg.

Je crois que cette opinion ne peut être admise. Il n'y a de commun entre les deux Euglènes que la manière de se déplacer : toutes deux rampent, mais l'*Euglena deses* possède des chloroplastes disciformes nettement séparés où les pyrénoïdes sont absents ou peu différenciés et sans tunique de paramylon. D'ailleurs, il m'est arrivé de les trouver, vivant ensemble et avec d'autres espèces d'Euglènes, des *Phacus*, etc., sur les bords des fossés ou ruisseaux vaseux, affluents de la Garonne et où la marée se fait plus ou moins sentir. L'*Euglena deses* a des chloroplastes beaucoup plus verts, tandis que l'autre a une teinte générale vert jaunâtre. En cultures, elles restent bien distinctes. Enfin, l'Euglène des vases ne peut vivre indéfiniment dans l'eau, alors que c'est le milieu normal de l'*Euglena deses*. Rose Bracher dit que la première y meurt au bout d'un jour; j'en ai cependant conservé plus d'un mois dans ce liquide, mais dépérissant peu à peu et prenant, pour la plupart, en perdant tout mouvement, des formes irrégulières, mais le plus souvent ovoïdes. Elle vit même assez longtemps dans une solution étendue de bleu de méthylène qui colore fortement la partie antérieure, le vestibule, le canal efférent dont la situation est tout à fait latérale, et même la vacuole principale qui alors devient énorme.

Elle dépérit lorsqu'on laisse se dessécher la vase qui la contient et il ne paraît pas se former de kystes.

Au laboratoire, ses mouvements réguliers de montée et de descente semblent exclusivement phototropiques et sont indépendants de l'heure de la marée. L'Euglène se montre sur la vase une heure environ après le lever du soleil, dès le lendemain de la récolte, même si à ce moment-là la marée est haute et elle disparaît vers 13^h en cette saison devant une fenêtre exposée au Midi; mais l'heure de la disparition peut varier avec les conditions d'éclairement. Rose Bracher constate, par contre, qu'elle obéit pendant trois jours aux oscillations de la marée.

J'ai dit plus haut que ses dimensions sont très constantes. Toutefois, j'ai observé parfois des individus beaucoup plus petits et plus jeunes, mêlés en petit nombre aux autres et dont l'origine n'a pu encore être suivie.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Variation saisonnière dans la composition chimique des Algues marines.* Note [1] de M. **Louis Lapicque**, présentée par M. Yves Delage.

En poursuivant, sur les algues marines considérées au point de vue alimentaire, les études dont m'a chargé la Direction des Inventions [2], j'ai constaté une variation saisonnière considérable, qui affecte la valeur de ces végétaux comme matière première à plusieurs points de vue.

On a dosé jusqu'ici principalement les matières minérales; or les diverses analyses montrent d'énormes discordances sur lesquelles M. Sauvageau a récemment appelé l'attention [3]. Cet éminent algologue admettrait volontiers qu'on a affaire à des erreurs plutôt qu'à d'aussi « extraordinaires variations dans la vie cellulaire ». Un peu plus loin pourtant il revient à une hypothèse plus favorable aux chimistes. « Il y a quelque chose, semble-t-il, que ces analyses ne nous dévoilent pas et qui mériterait d'être recherché. » Mes résultats répondent, je crois, à ce desideratum.

Chez les Laminaires, qui sont principalement en cause, j'ai observé l'accumulation, au cours de l'été, d'une forte réserve hydrocarbonée qui a pour conséquence une diminution des matières minérales. Presque tous mes spécimens ont été cueillis par moi-même, toujours en place; les autres l'ont été, suivant mes indications, par le personnel expérimenté de la station biologique de Roscoff. Je ne crois pas qu'il soit possible d'incriminer la signification des matériaux soumis à l'analyse; d'ailleurs, comme on va le voir, le phénomène, considéré dans son ensemble, rentre facilement dans les lois de la Physiologie générale.

Je prends comme type *Laminaria Flexicaulis*. La lame fraîche ne diffère pas sensiblement d'une saison à l'autre comme aspect, consistance, ni épaisseur; elle pèse toujours à peu près 9^g par décimètre carré; mais la substance sèche (à 100°) en constitue, l'été, 24 à 25 centièmes; en mars, 15 à 16 centièmes seulement. Simplement séchée à l'air, la feuille de Laminaire de printemps apparaît *mince*, *membraneuse*, auprès de la feuille d'été

---

[1] Séance du 15 décembre 1919.

[2] *Comptes rendus*, t. 167, 1918, p. 1082.

[3] C. Sauvageau, *Réflexions sur les analyses chimiques d'algues marines* (*Revue générale des Sciences*, t. 29, 1918, p. 541).

ou d'automne qui est relativement *charnue;* elles se recouvrent l'une comme l'autre d'efflorescences blanches, mais purement salines dans le premier cas, presque purement sucrées dans le second. De telles différences tombent sous le sens; elles étaient notées comme je viens de le faire par les paysans d'Écosse au XVIIIe siècle, à ce que rapporte Turner dans son *Histoire des Fucus* (1809).

L'efflorescence sucrée est, on le sait, de la mannite; c'est de la mannite presque pure, comme je l'ai vérifié avec M. Powick. Mais un hydrate de carbone soluble plus important est resté à l'intérieur de la feuille; on peut le doser beaucoup plus facilement que l'amidon des plantes vertes, à peu près comme le glycogène des animaux, auquel il ressemble.

Cinq grammes de matière hachée sont mis à digérer, en agitant de temps en temps, sur le bain-marie, avec 100^{cm^3} à 200^{cm^3} d'eau additionnée de 1 pour 100 d'acide acétique; après 3 heures, on ajoute 1 pour 100 d'acide fort, et l'on refroidit; on décante ou on filtre le liquide, on lave la matière restante et on la remet à macérer à froid dans une solution de carbonate de soude à 5 pour 1000; elle se transforme en une gelée, qu'on coagule par un acide fort à 1 pour 100 et qu'on épuise en pressant le résidu dans un nouet. L'ensemble des liquides d'épuisement est alors soumis à l'hydrolyse, puis titré comme glucose. Pratiquement, on peut se contenter de la première digestion, les substances qu'on veut doser étant dès ce moment à la même concentration, dans le liquide libre et dans celui qui imbibe les fragments de feuille.

Additionné, après neutralisation, de quatre volumes d'alcool, ce liquide donne, pour les plantes d'été, un volumineux précipité blanc qui se réduit à une trace dans les plantes de mars; il s'agit de la *Laminarine* de Schmiedeberg, ou d'un groupe de substances analogues. La teneur en Laminarine est régulièrement plus grande dans la partie moyenne de la lame que dans la partie voisine du stipe (plus jeune) et surtout que dans l'extrémité libre (plus vieille). Elle peut atteindre et dépasser 40 centièmes (en matière sèche).

L'examen microscopique ne révèle rien, si l'on a fait les coupes en milieu aqueux ou hydro-alcoolique titrant moins de 60°; la Laminarine s'étant dissoute et les parois cellulaires s'étant redressées, les lames membraneuses de mars ou les lames les plus charnues fournissent des coupes indiscernables.

J'ai dosé les cendres (avec Mme Lapicque) en carbonisant d'abord la matière une demi-heure au rouge naissant, épuisant par l'eau chaude (*cendres solubles*), puis calcinant au rouge vif le résidu qui blanchit alors facilement (*cendres insolubles*).

Voici les proportions centésimales de la matière sèche en fonction de la saison (moyenne de plusieurs individus bien développés, lame à l'exclusion du tiers terminal).

Saison.	Hydrates de carbone solubles.	Cendres solubles.	Cendres insolubles.
Équinoxe de printemps........	1,1	28,2	7,5
Fin mai.....................	5,0	20,1	6,3
Solstice d'été................	8,9	15,8	6,4
Août et septembre.............	33,9	13,4	4,6

Les variations quantitatives de matières minérales sont bien celles qui ressortent des chiffres des auteurs et qui ont pu sembler paradoxales.

Si l'on prend les chiffres extrêmes et qu'on les rapporte à 1000 de plante fraîche (d'après la proportion de substance sèche indiquée ci-dessus), il vient :

	Hydrates de carbone solubles.	Cendres solubles.	Cendres insolubles.
Fin de l'hiver..........	2	45	12
Été..................	81	32	11

Les cendres insolubles n'ont pas sensiblement changé ; il y a un balancement entre les sucres et les sels solubles ; 13^g de ceux-ci ont été remplacés par 79^g des premiers, auxquels il faut ajouter au moins 10^g de mannite ; étant donnée la nature des molécules en présence, il est plausible qu'il s'agisse simplement d'une substitution isotonique.

En résumé, on peut rendre compte de tout ce qui vient d'être constaté, en disant qu'à partir du printemps le suc cellulaire des algues s'enrichit en laminarine et en mannite, et, corrélativement, s'appauvrit en sels. On conçoit facilement que tel soit le résultat du travail chlorophyllien en fonction de l'éclairage, dont la différence saisonnière doit être encore plus grande sous l'eau que sur le sol.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action comparée de la chloropicrine sur le charançon et sur le tribolium*. Note de MM. **Gabriel Bertrand**, **Brocq-Rousseu** et **Dassonville**, présentée par M. Roux.

Le *Tribolium navale F.* [1] est un petit coléoptère de couleur ocracée, d'environ 3 millimètres de longueur, que l'on rencontre dans les céréales avariées, le son, la vieille farine, etc. Nous l'avons trouvé, mais en moins

[1] *T. navale* = *T. ferrugineum F.*

grand nombre, dans le maïs auquel nous avons fait allusion dans une Note antérieure [1]. Cet insecte nous paraît, d'après une première expérience, incapable de s'attaquer aux grains en bon état, et ne pouvoir vivre qu'aux dépens de ceux qui ont été déjà perforés par le charançon. Il occasionne des dégâts moins étendus que ceux de l'autre espèce, mais sa destruction s'impose cependant, surtout dans certains cas.

On pouvait supposer que le traitement par la chloropicrine, dans les circonstances que nous avons indiquées, devait détruire à la fois le charançon et les autres parasites susceptibles de l'accompagner. Or, nous avons reconnu que, lorsqu'on s'en tient aux conditions limites de concentration et de durée qui assurent la mort du charançon, le tribolium résiste : la séparation des deux parasites est pour ainsi dire quantitative.

Le tribolium se protège-t-il mieux que le charançon à l'intérieur du grain? Est-il moins sensible à l'action de la vapeur toxique? Pour le savoir, nous avons mesuré, dans une série d'expériences parallèles, l'action comparée de la chloropicrine sur le tribolium et sur le charançon, en opérant comme dans nos expériences antérieures.

Voici les résultats que nous avons obtenus, les insectes étant par groupes de dix individus, la capacité du flacon de 8 litres et la température comprise entre + 14 et + 19 degrés :

Nombre de grammes par m³.	Temps mortel.		Nombre de grammes par m³.	Temps mortel.	
	Charançon.	Tribolium.		Charançon.	Tribolium.
	h m	h m		h m	h m
1......	15. 0	40. 0	8......	3. 0	4.15
2......	8.15	17.30	9......	2.30	4. 0
3......	6.15	10. 0	10......	2.15	3.45
4......	5.10	7.50	15......	1.30	2.50
5......	4.30	6.15	20......	1.20	2.10
6......	3.45	5.15	25......	1. 5	1.35
7......	3.35	4.30	30......	0.50	1.20

Ces résultats montrent nettement que la cause de la séparation des deux espèces d'insectes dans le traitement des grains contaminés est explicable par une inégale résistance à la chloropicrine.

Nos mesures comparatives ont été complétées par les expériences suivantes :

a. Dans deux flacons de 8^{l}, on a mis 6^{l} de maïs contenant des charançons et des

---

[1] *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 880 et 1059.

triboliums. Dans le premier flacon on a ajouté une dose de chloropicrine correspondant à 25g par mètre cube et dans le second une dose correspondant à 30g. Après 24 heures, tous les charançons étaient morts et il restait environ 50 pour 100 de triboliums vivants.

b. Les conditions ont été les mêmes que dans l'expérience précédente, mais une durée plus longue a été essayée. Après 24 heures, les charançons seuls étaient morts. Après 60 heures, tous les triboliums l'étaient aussi.

c. Comme en *a* et en *b*, mais en augmentant la dose de chloropicrine. Avec 38g par mètre cube, après 48 heures, il y avait encore des triboliums vivants. Avec la dose de 40g et le même temps, tous les insectes étaient morts.

Au point de vue théorique, il est intéressant de rapprocher ce procédé de séparation du tribolium et du charançon de celui qui est utilisé en bactériologie, lorsqu'on veut reconnaître le bacille typhique mélangé au colibacille. Dans un cas comme dans l'autre, on se trouve en présence de deux espèces, ici végétales, là animales, vivant ensemble, dans les mêmes conditions de milieu, et dont on arrive à conserver la première en détruisant la seconde par l'action ménagée d'une substance toxique : phénol ou chloropicrine.

Au point de vue pratique, il est facile de déterminer, en s'appuyant sur les résultats quantitatifs obtenus, les conditions à réaliser pour détruire à la fois le charançon et le tribolium. Nous y sommes parvenus, dans le cas du maïs, en traitant les grains placés dans des sacs, exactement comme nous l'avons décrit au sujet du charançon, mais en laissant agir la chloropicrine pendant au moins 24 heures.

ZOOLOGIE. — *Sur un nouvel Épicaride* (Ancyroniscus bonnieri, *n. g.*, *n. sp.*), *parasite d'un Sphéromide* (Dynamene bidentata *Mont.*). Note de MM. M. **Caullery** et F. **Mesnil**, présentée par M. Bouvier.

Des diverses familles d'Épicarides, celles des Cabiropsidæ (parasites d'autres Isopodes) est la moins connue : ses rares représentants n'ont guère été rencontrés jusqu'ici qu'à l'état d'exemplaire unique et adulte. La seule étude précise qu'on en possède est celle du genre *Clypeoniscus*, par Giard et Bonnier [1], basée sur quelques femelles adultes trouvées sur des

(1) Giard et Bonnier, *Contributions à l'étude des Epicarides* : XX. *Sur les Epicarides parasites des Arthrostracés, etc.* (*Bul. sc. France-Belgique*, t. 25, 1895, p. 417).

Idothea conservés dans l'alcool. En dehors de ces adultes, relativement peu instructifs à cause de leur extrême régression, Giard et Bonnier ont pu décrire la première forme larvaire (épicaridienne) et le stade dit cryptoniscien.

Nous avons pu faire l'étude complète d'une espèce de cette famille, trouvée à l'anse Saint-Martin (près le cap de la Hague) et vivant sur un Sphéromide (*Dynamene bidentata*). Tout en montrant, par ses stades larvaires, des affinités des plus étroites avec le genre *Clypeoniscus*, cet Epicaride doit former un genre nouveau, *Ancyroniscus* (1). L'espèce sera *A. Bonnieri*.

La *femelle adulte* a la forme de deux sacs clos, pleins d'embryons et réunis par un isthme très étroit. L'*un de ces sacs, extérieur à l'hôte*, occupe dans la cavité incubatrice de celui-ci la place de la ponte. Il est rouge orangé, vaguement lobé, dépourvu de tout appendice. A maturité complète des embryons, il s'ouvre, sur la ligne médiane de la face interne (ventrale), une fente longitudinale à bords festonnés, par où s'échappent les larves, comme chez *Clypeoniscus*. *L'autre sac est à l'intérieur de la cavité viscérale du Sphérome.*

Les *femelles jeunes* fournissent l'interprétation de ce singulier parasite. Leur *thorax est à l'extérieur de l'hôte*, dans sa cavité incubatrice, orienté transversalement et annelé. La région céphalique offre des vestiges d'appendices (les lames mandibulaires et deux paires de pattes thoraciques rudimentaires, au voisinage de la bouche, comme chez *Clypeoniscus*). Deux des segments thoraciques prennent, de bonne heure, une grande largeur et forment la masse principale de la partie externe du parasite. *L'abdomen, situé à l'intérieur du Sphérome*, a développé deux paires de volumineux lobes latéraux, occupés par les sacs hépatiques turgescents, pleins d'un liquide épais rougeâtre. A la face ventrale, on distingue encore les limites des segments, dont le dernier forme une petite saillie pygidiale. L'ovaire s'étale à la face dorsale des sacs hépatiques. Ces femelles sont fécondées de très bonne heure : les deux oviductes sont pleins de spermatozoïdes. Dans l'ensemble, l'animal a assez bien la forme d'un ancre (d'où le nom générique choisi), dont la tige est le thorax, et dont les bras (doubles) sont les lobes abdominaux latéraux. Le parasite remplit presque toute la cavité viscérale de l'hôte.

---

(1) De ἄγχνά ancre, et *ονισχος* ânon.

Nos observations, basées sur près de 2000 *Dynamene* et sur plus de 100 parasites, nous permettent d'affirmer que seules les femelles adultes du Sphérome sont infectées, immédiatement après leur ponte, ou au cours de celle-ci, qui, dans ce cas, paraît enrayée. L'Epicaride se nourrit des embryons du Sphérome qu'il suce et dont on retrouve tous les noyaux dans ses sacs hépatiques. On comprend pourquoi les Sphéromes mâles ne sont jamais parasités, ni les femelles jeunes. La pénétration de l'abdomen du parasite dans l'hôte a lieu au stade cryptoniscien : nous avons retrouvé, en effet, dans le Sphérome, la partie abdominale de la mue de ce stade. La croissance du parasite comprend deux périodes bien distinctes : la première, pendant laquelle il absorbe les embryons de l'hôte ; la seconde, où il ne se nourrit plus, l'œsophage étant atrophié et où la masse nutritive, accumulée dans les sacs hépatiques, est graduellement résorbée et utilisée pour le développement de l'ovaire. Pendant cette seconde phase, s'ébauche la cavité incubatrice. Sans que nous ayons assisté à tous les stades de la différenciation de celle-ci, nous pouvons affirmer qu'elle se forme comme celle des *Hemioniscus* et des Liriopsidés, que nous avons étudiés antérieurement. Le processus paraît général chez les Cryptoniscidés (*sensu lato*), dont la cavité incubatrice interne s'oppose à celle des autres Epicarides, externe et formée par des oostégites.

L'œuf a une segmentation superficielle. La larve épicaridienne est de tous points semblable à celle du genre *Clypeoniscus*, décrite avec une précision parfaite par Giard et Bonnier. Même similitude, jusque dans le détail, entre les deux genres, pour le stade cryptoniscien, où l'animal fonctionne comme mâle, avant de se fixer à l'hôte et de se transformer en femelle.

Les formes larvaires montrent les affinités étroites des genres *Clypeoniscus* et *Ancyroniscus*. Ainsi se confirme, une fois de plus, le parallélisme rigoureux entre les familles d'Epicarides et les groupes de Crustacés qu'elles parasitent. La famille des Cabiropsidés est spécifique des Isopodes. Les rapports si spéciaux d'*Ancyroniscus* avec son hôte, les déformations particulières qui en résultent, nous ont paru imposer pour le parasite de *Dynamene*, la création d'un genre nouveau, dont le faciès et la biologie apportent un type intéressant de plus à la série déjà si variée des Epicarides.

BACTÉRIOLOGIE. — *Précipitation mutuelle des toxines et de leurs antitoxines. Application au titrage des sérums antidiphtérique et antitétanique.* Note de MM. **M. Nicolle, E. Debains** et **E. Césari**, présentée par M. Roux.

On sait que divers sérums antitoxiques fournissent des précipités spécifiques quand on les mélange avec les poisons correspondants; d'où l'idée, émise par Calmette et Massol, d'utiliser ce phénomène pour titrer le sérum anticobraïque. Personne n'avait obtenu jusqu'ici de résultats positifs, en faisant agir les sérums antidiphtérique et antitétanique sur les toxines homologues. Une étude approfondie de la précipitation nous a permis d'y arriver et d'appliquer la réaction au dosage des deux antitoxines. Nous n'aborderons pas, aujourd'hui, le côté théorique de la question. Mentionnons seulement que si, dans la genèse de tout précipité de cette nature, l'anticorps intervient pondéralement pour la plus grande part, la quantité d'antigène présent joue, de son côté, un rôle essentiel. Le succès de nos expériences tient en effet exclusivement à l'emploi de toxines *concentrées*.

Technique. — On sature, par le sulfate de soude anhydre, des filtrats de cultures diphtériques et tétaniques. On sèche les précipités obtenus (vide sulfurique) et on les réduit en poudre homogène. On dissout $0^g,8$ de poudre dans 10^{cm^3} d'eau distillée. On mêle (parties égales) la solution toxique et une solution préalablement fondue (40°) de gélatine dans l'eau physiologique (10 pour 100 de gélatine, réaction neutre). On répartit le mélange en tubes, sous le volume de 1^{cm^3}. On fait prendre à la glacière. On verse, sur les culots solides, 1^{cm^3} de sérum antitoxique de plus en plus dilué : au $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{50}$, $\frac{1}{100}$, etc. On abandonne pendant deux heures (température ambiante) et on lit. Tout résultat positif se traduit par l'apparition d'un disque blanchâtre, à la limite du sérum dilué et de la « toxine-gélatine ». Il importe que la solution toxique et le sérum soient absolument limpides.

Résultats obtenus. — Le sérum antidiphtérique n'est délivré par le Service sérothéraphique de l'Institut Pasteur que s'il contient 300 unités au centimètre cube; le sérum antitétanique, que s'il en renferme 4000 (méthode L. Martin). Ces chiffres correspondent tous deux, dans notre procédé, à la formation d'un disque net, pour 1^{cm^3} de sérum dilué au $\frac{1}{50}$. Au-dessous, les sérums sont insuffisants; au-dessus, de plus en plus actifs. Le nombre élevé de titrages, effectués *in vivo* par M. Loiseau et *in vitro* par nous-mêmes, ne saurait laisser le moindre doute sur la concordance parfaite des deux moyens de dosage. Notre méthode offre l'avantage d'une grande simplicité et, qui mieux est, d'une économie considérable de temps,

de travail et d'argent. Elle permet, également, d'étudier la naissance et les progrès du pouvoir antitoxique au début de l'immunisation, quand le titrage chez l'animal serait sans intérêt pratique (commencer, alors, la série des tubes avec le sérum dilué à $\frac{1}{5}$. On peut donc espérer distinguer, de façon précoce, les bons et les mauvais chevaux et, en éliminant ces derniers, économiser encore temps, travail et argent.

(Inutile d'ajouter que les phénomènes de précipitation sont absolument spécifiques et que les sérums normaux se montrent toujours inefficaces sur les deux toxines envisagées ici.)

La concordance des titrages *in vivo* et *in vitro* impose l'idée que les effets observés dépendent bien de l'action mutuelle des toxines et des antitoxines. D'autres substances, qui leur sont liées physiquement ou chimiquement, interviennent sans conteste, mais d'une manière subordonnée. D'ailleurs, si l'on fait usage de poisons portés pendant 5 minutes dans l'eau bouillante (et refroidie), la précipitation se trouve retardée et « décalée » (elle exige infiniment plus de sérum pour se produire).

Nous avons dit que la lecture des résultats devait être pratiquée après 2 heures. Si l'on attend davantage (par exemple, 15-20 heures), les chiffres s'élèvent constamment, mais la concordance avec le titrage chez l'animal apparaît moins satisfaisante, même en modifiant l'échelle des valeurs. Pourquoi? Parce que l'inter-réaction des toxines et des antitoxines, comme *tout* phénomène naturel, dépend d'un facteur quantitatif et d'un facteur qualitatif. Le titre du sérum nous renseigne sur le premier, la rapidité d'apparition du précipité sur le second, qui offre évidemment une grande importance *in vivo*, comme on pouvait le deviner.

A 16 heures l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 heures.

É. P.

ERRATA.

(Séance du 16 juin 1919.)

Note de MM. *A. Lacroix* et *Tilho*, Esquisse géologique du Tibesti, de l'Erdi et de l'Ennedi. Les formations sédimentaires :

Page 1172, Carte du Tibesti-Borkou-Ennedi (échelle $\frac{1}{3000000}$), l'échelle graphique représentant 200^{km} doit être figurée par une ligne ayant 40^{mm} de longueur au lieu de $31^{mm},5$.

(Séance du 1er septembre 1919.)

Note de M. *Tilho*, Les matières premières et les chemins de fer l'Afrique tropicale au nord de l'Équateur :

Page 421, Carte des chemins de fer d'Afrique, l'échelle graphique représentant 100^{km} doit être figurée par une ligne ayant 28^{mm} de longueur au lieu de $31^{mm},5$.

(Séance du 3 novembre 1919.)

Note de M. *H. Deslandres*, Remarques sur la constitution de l'atome et les propriétés des spectres de bandes :

Page 746, formule (6), *au lieu de* $\frac{F(n.p)}{2} \times m$, *lire* $\frac{F(n.p)}{2} \times m^2$.

Page 749, dans la colonne du grand tableau intitulée : Fréquence de la bande d'intensité maxima, à la troisième ligne, *au lieu de* 42176, *lire* 42332.

(Séance du 1er décembre 1919.

Note de M. *Charles Moureu*, Présentation à l'Académie d'une étude intitulée « Lavoisier et ses continuateurs » :

Page 1014, ligne 11 en remontant, *au lieu de* de découvertes antérieures, *lire* des découvertes antérieures.

Note de M. *Stéphan Procopiu*, Couches de métal, d'épaisseur minima, mesurées par leur force électromotrice :

Page 1031, ligne 10, *au lieu de* α l'angle de la droite avec l'axe des épaisseurs, *lire* α l'angle de la droite avec l'axe des temps.

Même page, avant-dernière ligne, *au lieu de* et sur le cuivre $1^{\mu\mu},2$, *lire* et sur le carbone $1^{\mu\mu},2$.

Note de M. *Charles Staehling*, Sur la radioactivité de l'uranium :

Page 1037, première ligne du tableau, *au lieu de* Oxyde noir et vert, *lire* Oxyde noir-vert.

Page 1038, ligne 4, *au lieu de* l'activité avait baissé, *lire* l'activité α avait baissé.

Page 1039, ligne 1, *au lieu de* Parmi les résultats, *lire* Parmi ces résultats.

(Séance du 8 décembre 1919.)

Note de M. *G. Valiron*, Sur les ensembles réguliers de mesure nulle :

Page 1081, ligne 5, *au lieu de* $\frac{1}{nq}$, *lire* $\frac{1}{n^q}$.

(Séance du 15 décembre 1919.)

Note de M. *E. Ariès*, Sur une nouvelle amélioration de l'équation d'état des fluides :

Page 1142, formules (4) et (5), *au lieu de* $\frac{RT_c}{8P_c}$, *lire* $\frac{8P_c}{RT_c}$.

Note de M. *A. Recoura*, Sur une nouvelle forme complexe du sulfate chromique :

Page 1165, ligne 20, *au lieu de* originel ou complexe, *lire* originel en complexe.

(Séance du 22 décembre 1919.)

Prix Henry Wilde :

Page 1306, ligne 7 en remontant, *au lieu de* deux prix de mille francs, *lire* deux prix de deux mille francs.

FIN DU TOME CENT-SOIXANTE-NEUVIÈME.